



**TUGAS AKHIR (MO141326)**

# **STUDI OPERABILITAS SPAR PLATFORM TIPE *TRUSS* DI SELAT MAKASSAR DENGAN SISTEM TAMBAT TAUT**

**Muhamad Dinaryo**  
**NRP. 4311 100 030**

**DOSEN PEMBIMBING**

**Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D.**  
**Ir. Joswan J. Soedjono, M.Sc.**

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN**  
**Fakultas Teknologi Kelautan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya**  
**2016**



FINAL PROJECT (MO141326)

# OPERABILITY STUDY OF TRUSS SPAR PLATFORM IN MAKASSAR STRAIT WITH TAUT MOORING SYSTEM

Muhamad Dinaryo  
NRP. 4311 100 030

## SUPERVISOR

Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D.  
Ir. Joswan J. Soedjono, M.Sc.

## OCEAN ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Marine Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2016

# STUDI OPERABILITAS SPAR PLATFORM TIPE *TRUSS* DI SELAT MAKASSAR DENGAN SISTEM TAMBAT TAUT

## TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

**MUHAMAD DINARYO**

NRP. 4311 100 030

Disetujui oleh :

1. Yoyok S. Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing 1)

2. Ir. Joswan J. Soedjono, M.Sc. (Pembimbing 2)

3. Ir. Imam Rochani, M.Sc. (Penguji 1)

4. Ir. Mas Murtedjo, M.Eng. (Penguji 2)

5. Ir. Handyanu, M.Sc., Ph.D. (Penguji 3)

6. Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D. (Penguji 4)

SURABAYA, JANUARI 2016



# STUDI OPERABILITAS SPAR PLATFORM TIPE *TRUSS* DI SELAT MAKASSAR DENGAN SISTEM TAMBAT TAUT

Nama : Muhamad Dinaryo  
NRP : 4311 100 030  
Jurusan : Teknik Kelautan FTK-ITS  
Dosen Pembimbing : Yoyok S. Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D  
Ir. Joswan J. Soedjono, M.Sc.

## ABSTRAK

SPAR merupakan bangunan apung yang handal untuk beroperasi di tengah laut dalam waktu yang lama dengan kondisi lingkungan ekstrim. Salah satu faktor yang mempengaruhi efektivitas pengoperasian suatu sistem terapung di laut ialah faktor keselamatan. Diperlukan kemampuan perancangan untuk memprediksi perilaku bangunan laut ketika kondisi laut yang ganas harus dihadapi. Tugas Akhir ini membahas tentang studi operabilitas struktur SPAR Platform pada kondisi perairan di Selat Makassar yang memiliki kedalaman perairan sedalam 1021 m. Pemodelan *software* dilakukan terhadap struktur Horn Mountain SPAR untuk mengetahui karakteristik gerakan struktur (kondisi *free floating* dan tertambat) pada kondisi gelombang reguler dan gelombang acak. Pada kondisi gelombang acak digunakan Spektrum JONSWAP untuk menggambarkan kondisi perairan di Selat Makassar dengan arah pembebanan  $0^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$  dan  $90^{\circ}$ . Dari hasil pemodelan diperoleh nilai maksimum SPAR saat kondisi *free floating* untuk gerakan translasional adalah gerakan *sway* dan *surge* sebesar 4.51 m/m pada frekuensi 0.02 rad/s dengan masing-masing arah heading memiliki nilai yang sama besarnya. Nilai maksimum gerakan rotasional sebesar 2.136 deg/m pada frekuensi 0.11 rad/s dengan arah heading  $90^{\circ}$  untuk gerakan *pitch*. Untuk kondisi tertambat, nilai maksimum gerakan translasional SPAR terjadi pada struktur dengan system 4 tali tambat dengan gerakan *sway* sebesar 0.3147 m/m pada frekuensi 1.888 rad/s. Gerakan rotasional maksimum struktur terjadi pada struktur saat system 4 tali tambat dengan nilai maksimal pada heading  $0^{\circ}$  sebesar 1.4821 deg/m pada frekuensi 0.781 rad/s untuk gerakan *roll*. Dengan mengacu kriteria seakeeping yang digunakan maka struktur SPAR platform masih dapat beroperasi di Selat Makassar hingga pada ketinggian  $H_s = 1.8$  m dengan operabilitas sebesar 93.93%.

**Kata Kunci:** *Truss* SPAR Platform, respon gerakan, RAO, gelombang acak, operabilitas.



# OPERABILITY STUDY OF TRUSS SPAR PLATFORM IN MAKASSAR STRAIT WITH TAUT MOORING SYSTEM

**Name** : Muhamad Dinaryo  
**Reg. Number** : 4311 100 030  
**Department** : Ocean Engineering - ITS  
**Dosen Pembimbing** : Yoyok S. Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D  
Ir. Joswan J. Soedjono, M.Sc.

## ABSTRACT

SPAR is a reliable offshore structure that can be operated for a long time in an extreme environmental condition. One factor affecting the operational effectiveness of floating system in the ocean is safety factor. Design capability is needed to predict offshore structure movement in violent waters. This final project discussed about SPAR platform structure operability study in Makassar strait water, with 1021 m water depth. Software modelling was employed towards Hom Mountain SPAR to determine the structure motion character (free floating condition and mooring condition) in regular wave and irregular wave. In irregular wave, JONSWAP spectrum was employed to describe water condition in Makassar Strait, with 0, 45, and 90 loading angles. The modelling produced SPAR maximum values in free floating condition for translational motions are surging motion and swaying motion, valued at 4.51m/m in 0.02 rad/s frequency with each heading direction having the same values. Maximum value for rotational motion is 2.136 deg/m in 0.11 rad/s frequency, with 90 heading direction for pitching motion. On mooring condition, occurred in 4 mooring ropes system structure, the maximum value for SPAR translational motion is 0.3147 m/m in 1.888 rad/s frequency for swaying motion. Maximum value for rotational motion with 90 heading direction is 2.136 deg/m in 0.11 rad/s frequency, for rolling motion. According to seakeeping criteria, SPAR platform structure is capable to be operated in Makassar Strait up to  $H_s = 1.8$  m height, with 93.93% operability.

**Keywords:** *Truss* SPAR Platform; motion response; response amplitude operator; irregular waves; operability.



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji syukur saya ucapkan atas segala rahmat dan hidayah dari Allah SWT Tugas Akhir ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Laporan Tugas Akhir ini berjudul “**Studi Operabilitas SPAR Platform Tipe *Truss* di Selat Makassar dengan Sistem Tambat Taut**”.

Laporan tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan studi strata satu (S1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tugas Akhir ini membahas mengenai analisa karakteristik gerakan struktur SPAR di gelombang regular dan acak hingga membahas analisa operabilitasnya di Selat Makassar.

Semoga apa yang penulis kerjakan bermanfaat bagi masyarakat sekitar, perusahaan, pemerintah, maupun penulis sendiri. Serta semoga laporan yang penulis buat ini bisa dijadikan referensi atau pedoman untuk penelitian di bidang yang sama.

Penulis menyadari pada penulisan dan penyusunan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, maka dari itu penulis mengharapkan adanya masukan, kritik, maupun saran yang membangun yang dapat digunakan untuk mengembangkan penelitian ini di waktu yang akan datang.

Surabaya, Januari 2016

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	iii
<b>ABSTRAK</b>	iv
<b>ABSTRACT</b>	v
<b>KATA PENGANTAR</b>	vi
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b>	vii
<b>DAFTAR ISI</b>	ix
<b>DAFTAR TABEL</b>	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penulisan	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b>	
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Dasar Teori	8
2.2.1 SPAR Platform	8
2.2.1.1 Perkembangan Teknologi SPAR Platform	10
2.2.1.2 <i>Classic</i> SPAR	10
2.2.1.1 <i>Truss</i> SPAR	10
2.2.1.1 <i>Cell</i> SPAR	11
2.2.2 Gerakan Struktur Bangunan Apung Akibat Eksitasi	
Gelombang	12
2.2.2.1 <i>Heave</i>	12
2.2.2.1 <i>Pitch</i>	13
2.2.2.1 <i>Roll</i>	14



2.2.2.1 Yaw .....	15
2.2.2.1 Sway .....	15
2.2.2.1 Surge .....	15
2.2.3 Respon Bangunan Apung dalam Enam Derajat Kebebasan .....	16
2.2.4 <i>Response Amplitude Operator</i> (RAO) .....	18
2.2.5 Spektrum Energi Gelombang .....	19
2.2.6 Respon Spektra .....	20
2.2.7 Sistem Tambat/ <i>Mooring Line System</i> .....	20
2.2.7.1 <i>Taut Leg Mooring System</i> .....	21
2.2.7.2 <i>Catenary Mooring System</i> .....	21
2.2.8 Konsep Pembebanan .....	22
2.2.8.1 Beban Arus .....	22
2.2.8.2 Beban Angin .....	22
2.2.8.3 Beban Gelombang .....	23
2.2.9 Prediksi Operabilitas Bangunan Apung .....	24
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	29
3.2 Prosedur Penelitian .....	30
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Pemodelan Struktur Horn Mountain SPAR Platform .....	37
4.2 Validasi Struktur Horn Mountain SPAR Platform .....	39
4.3 Analisa Respon Gerak Struktur Pada Gelombang Reguler .....	39
4.3.1 Analisa Respon Gerak Struktur di Gelombang Reguler Pada Kondisi <i>Free Floating</i> .....	40
4.3.2 Analisa Respon Gerak Struktur di Gelombang Reguler Pada Kondisi Tertambat .....	43
4.4 Analisis Respon Gerak Struktur Pada Gelombang Acak .....	48
4.4.1 Analisis Spektrum Gelombang .....	48
4.4.2 Analisis Respon Spektra .....	49
4.5 Analisa Operabilitas Struktur SPAR di Selat Makassar .....	53
4.5.1 Kriteria <i>Seakeeping</i> Olson (1978) .....	53



4.5.2 Kriteria <i>Seakeeping</i> Zheng et al (1988)	53
4.5.3 Operabilitas SPAR Platform di Selat Makassar	56
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	58
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>BIODATA PENULIS</b>	



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Jenis Anjungan Lepas Pantai .....	1
<b>Gambar 1.2</b> Jenis-Jenis SPAR .....	2
<b>Gambar 2.1</b> Gambaran Umum SPAR Platform .....	9
<b>Gambar 2.2</b> Evolusi SPAR .....	12
<b>Gambar 2.3</b> Ilustrasi Gerakan <i>Heaving</i> .....	12
<b>Gambar 2.4</b> Ilustrasi Gerakan <i>Pitching</i> .....	13
<b>Gambar 2.5</b> Ilustrasi Gerakan <i>Rolling</i> .....	14
<b>Gambar 2.6</b> Ilustrasi Gerakan <i>Yawing</i> .....	15
<b>Gambar 2.7</b> Ilustrasi Gerakan <i>Swaying</i> .....	15
<b>Gambar 2.8</b> Ilustrasi Gerakan <i>Surging</i> .....	15
<b>Gambar 2.9</b> Ilustrasi Enam Derajat Kebebasan pada SPAR Platform .....	16
<b>Gambar 2.10</b> Konfigurasi Sistem Tambat Jenis <i>Taut Leg System</i> .....	21
<b>Gambar 2.10</b> Konfigurasi Sistem Tambat Jenis <i>Catenary Leg System</i> .....	22
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	29
<b>Gambar 3.2</b> Horn Mountain SPAR Platform .....	31
<b>Gambar 3.3</b> <i>Heading</i> Arah Pembebanan Saat Kondisi Tertambat .....	31
<b>Gambar 4.1</b> Pemodelan Geometri SPAR Menggunakan <i>Software</i> ANSYS <i>Design Modeler</i> .....	37
<b>Gambar 4.2</b> Model Geometri SPAR Menggunakan <i>Software</i> ANSYS <i>Aqwa</i> .....	37
<b>Gambar 4.3</b> Model Geometri SPAR dengan Sistem 4 Tali Tambat di <i>Software</i> ANSYS <i>Aqwa</i> .....	38
<b>Gambar 4.4</b> Model Geometri SPAR dengan Sistem 8 Tali Tambat di <i>Software</i> ANSYS <i>Aqwa</i> .....	38
<b>Gambar 4.5</b> Model Geometri SPAR dengan Sistem 12 Tali Tambat di <i>Software</i> ANSYS <i>Aqwa</i> .....	38
<b>Gambar 4.6</b> Grafik RAO Gerakan <i>Roll</i> pada Kondisi <i>Free Floating</i> .....	40
<b>Gambar 4.7</b> Grafik RAO Gerakan <i>Pitch</i> pada Kondisi <i>Free Floating</i> .....	40
<b>Gambar 4.8</b> Grafik RAO Gerakan <i>Yaw</i> pada Kondisi <i>Free Floating</i> .....	41
<b>Gambar 4.9</b> Grafik RAO Gerakan <i>Heave</i> pada Kondisi <i>Free Floating</i> .....	41



<b>Gambar 4.10</b> Grafik RAO Gerakan <i>Surge</i> pada Kondisi <i>Free Floating</i>	42
<b>Gambar 4.11</b> Grafik RAO Gerakan <i>Sway</i> pada Kondisi <i>Free Floating</i>	42
<b>Gambar 4.12</b> Grafik RAO Gerakan <i>Roll</i> dengan Variasi Jumlah Tali	
Tambat	43
<b>Gambar 4.13</b> Grafik RAO Gerakan <i>Pitch</i> dengan Variasi Jumlah Tali	
Tambat	44
<b>Gambar 4.14</b> Grafik RAO Gerakan <i>Yaw</i> dengan Variasi Jumlah Tali	
Tambat	44
<b>Gambar 4.15</b> Grafik RAO Gerakan <i>Heave</i> dengan Variasi Jumlah Tali	
Tambat	44
<b>Gambar 4.16</b> Grafik RAO Gerakan <i>Surge</i> dengan Variasi Jumlah Tali	
Tambat	45
<b>Gambar 4.17</b> Grafik RAO Gerakan <i>Sway</i> dengan Variasi Jumlah Tali	
Tambat	45
<b>Gambar 4.18</b> Grafik Spektrum Jonswap	48
<b>Gambar 4.19</b> Respon Spektra Gerakan <i>Heave</i> SPAR dengan Sistem 4 Tali	
Tambat	49
<b>Gambar 4.20</b> Respon Spektra Gerakan <i>Heave</i> SPAR dengan Sistem 8 Tali	
Tambat	49
<b>Gambar 4.21</b> Respon Spektra Gerakan <i>Heave</i> SPAR dengan Sistem 12 Tali	
Tambat	49
<b>Gambar 4.22</b> Respon Spektra Gerakan <i>Roll</i> SPAR dengan Sistem 4 Tali	
Tambat	50
<b>Gambar 4.23</b> Respon Spektra Gerakan <i>Roll</i> SPAR dengan Sistem 8 Tali	
Tambat	50
<b>Gambar 4.24</b> Respon Spektra Gerakan <i>Roll</i> SPAR dengan Sistem 12 Tali	
Tambat	50
<b>Gambar 4.25</b> Respon Spektra Gerakan <i>Sway</i> SPAR dengan Sistem 4 Tali	
Tambat	50
<b>Gambar 4.26</b> Respon Spektra Gerakan <i>Sway</i> SPAR dengan Sistem 8 Tali	
Tambat	50
<b>Gambar 4.27</b> Respon Spektra Gerakan <i>Sway</i> SPAR dengan Sistem 12 Tali	



Tambat .....	50
<b>Gambar 4.28</b> Grafik <i>Average Pitch Amplitude</i> , $\zeta_{\phi}$ av (deg) di Tiap Kenaikan Hs .....	53
<b>Gambar 4.29</b> Grafik <i>Significant Roll Amplitude</i> , $\zeta_{\phi}$ s (deg) di Tiap Kenaikan Hs .....	54
<b>Gambar 4.30</b> Grafik <i>Significant Heave Acceleration</i> (g) di Tiap Kenaikan Hs .....	54
<b>Gambar 4.31</b> Grafik <i>Double Significant Roll Amplitude</i> , $\zeta_{\phi}$ s (deg) di Tiap Kenaikan Hs .....	55
<b>Gambar 4.32</b> Grafik <i>Significant Heave Amplitude</i> , $\zeta_{\phi}$ s (m) di Tiap Kenaikan Hs .....	55



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Amplitudo dan Tinggi Gelombang pada Spektrum .....	19
<b>Tabel 2.2</b> Kriteria <i>Seakeeping</i> Olson .....	26
<b>Tabel 3.1</b> Ukuran Utama Struktur SPAR Horn Mountain .....	30
<b>Tabel 3.2</b> Data Hidrostatik Struktur SPAR Horn Mountain .....	30
<b>Tabel 3.3</b> Data Karakteristik Tali Tambat Struktur SPAR Horn Mountain .....	31
<b>Tabel 3.4</b> Data Kecepatan Arus di Selat Makassar .....	32
<b>Tabel 3.5</b> Data Kecepatan Angin di Selat Makassar .....	32
<b>Tabel 3.6</b> Data Distribusi Gelombang di Selat Makassar .....	32
<b>Tabel 3.7</b> Tipe <i>Natural Periods</i> dari <i>Deep Water Floaters</i> .....	34
<b>Tabel 4.1</b> Perbandingan Hasil Pemodelan Struktur SPAR dengan Data .....	39
<b>Tabel 4.2</b> Nilai Maksimum RAO di Tiap Gerakan pada Kondisi <i>Free Floating</i> .....	43
<b>Tabel 4.3</b> Nilai Maksimum RAO di Tiap Gerakan dengan Sistem 4 Tali Tambat .....	46
<b>Tabel 4.4</b> Nilai Maksimum RAO di Tiap Gerakan dengan Sistem 8 Tali Tambat .....	46
<b>Tabel 4.5</b> Nilai Maksimum RAO di Tiap Gerakan dengan Sistem 12 Tali Tambat .....	46
<b>Tabel 4.6</b> Validasi Periode Natural Struktur .....	47
<b>Tabel 4.7</b> Nilai Maksimum Respon Gerakan SPAR Platform Kondisi Tertambat .....	52



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A : Tabel Perhitungan RAO Struktur Kondisi *Free Floating*

LAMPIRAN B : Tabel Perhitungan RAO Struktur Kondisi Tertambat

LAMPIRAN B.1 : Tabel Perhitungan RAO Struktur Kondisi Tertambat –  
Konfigurasi 4 Sistem Tali Tambat

LAMPIRAN B.2 : Tabel Perhitungan RAO Struktur Kondisi Tertambat –  
Konfigurasi 8 Sistem Tali Tambat

LAMPIRAN B.3 : Tabel Perhitungan RAO Struktur Kondisi Tertambat –  
Konfigurasi 12 Sistem Tali Tambat

LAMPIRAN C : Tabel Perhitungan Respon Spektra.

LAMPIRAN C.1 : Tabel Perhitungan Respon Spektra Kondisi *Free Floating*

LAMPIRAN C.2 : Tabel Perhitungan Respon Spektra Kondisi Tertambat –  
Konfigurasi 4 Sistem Tali Tambat

LAMPIRAN C.3 : Tabel Perhitungan Respon Spektra Kondisi Tertambat –  
Konfigurasi 8 Sistem Tali Tambat

LAMPIRAN C.4 : Tabel Perhitungan Respon Spektra Kondisi Tertambat –  
Konfigurasi 12 Sistem Tali Tambat

LAMPIRAN D : Tabel Perhitungan Operabilitas



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Peningkatan kebutuhan energi menyebabkan meningkatnya konsumsi akan hidrokarbon sebagai bahan baku penghasil energi. Karena eksplorasi dan eksploitasi hidrokarbon khususnya di daerah laut dangkal semakin menipis, maka eksplorasi dan eksploitasi hidrokarbon mengarah ke laut dalam. Dengan beralihnya eksplorasi dan eksploitasi dilaut dalam, maka diperlukan struktur anjungan yang mampu bertahan pada kondisi lingkungan di laut dalam.

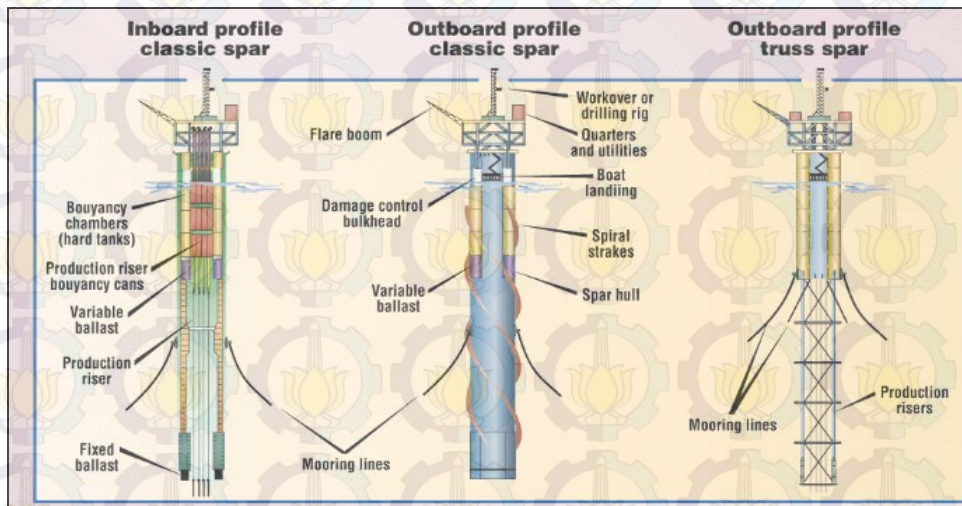
Anjungan lepas pantai merupakan struktur atau bangunan yang di bangun di lepas pantai. Menurut jenis strukturnya, anjungan lepas pantai dibagi dalam tiga kelompok yaitu, struktur terpancang (*fixed structure*) atau disebut juga sebagai *pile-supported platform*, struktur terapung (*floating structure*) dan struktur lentur (*compliant structure*) (Soedjono, 1998). Anjungan lepas pantai beroperasi pada kedalaman laut yang bervariasi. Untuk anjungan dengan struktur terpancang beroperasi pada perairan dangkal (*shallow water*) dengan kedalaman berkisar 100 – 200 meter (328-656 ft). Sedangkan untuk struktur terapung beroperasi pada laut dalam (*deep water*) pada kedalaman > 200 meter (656 ft). Dan untuk perairan sangat dalam (*ultra-deepwater*) berkedalaman lebih dari 1.000 m (3.280 ft) digunakan anjungan struktur lentur seperti dari jenis TLP (*Tension leg platform*) dan SPAR (Randall, 1997). Struktur terpancang tidak memungkinkan untuk dipasang di laut dalam dikarenakan kurang efektif baik dari sisi teknis maupun ekonomis (Chan, 1990)



**Gambar 1.1** Jenis Anjungan Lepas Pantai (www. aldi-nugo.blogspot.com, 2010)



SPAR adalah jenis anjungan lepas pantai yang berupa suatu unit produksi terapung berbentuk silinder vertikal (kolom tunggal) dengan ciri sarat air (draft) cukup dalam yang memungkinkan menyimpan sejumlah kecil minyak mentah di dalam kolomnya. Silinder vertikal tersebut utamanya berfungsi sebagai penopang geladak (deck). Kondisi bagian atas deck (topside) sama seperti pada anjungan terpancang pada umumnya yaitu terdapat perlengkapan pengeboran dan fasilitas produksi. SPAR memiliki tiga jenis riser yaitu riser untuk produksi, pengeboran dan untuk ekspor produk. Salah satu karakteristik yang dimiliki oleh SPAR adalah gaya redaman struktur yang kecil dan periode natural yang panjang. Sehingga jika bertemu dengan gelombang periode panjang memungkinkan timbul eksitasi gerakan *heave* dari SPAR yang mencapai delapan hingga sepuluh kali lipat (Nallayarasu, 2012).



**Gambar 1.2** Jenis-Jenis SPAR (<http://www.oilandgasjob.com>, 2001)

Salah satu faktor yang mempengaruhi efektivitas pengoperasian suatu sistem terapung di laut ialah faktor keselamatan. Keselamatan dalam hal ini ialah keselamatan para teknisi yang berada di system anjungan tersebut. Maka diperlukan kemampuan perancangan untuk memprediksi perilaku bangunan laut ketika laut yang ganas harus dihadapi. *Seakeeping*, yang merupakan ukuran kualitas respons dan kinerja struktur di atas gelombang, sebagai indikasi teknis pengoperasian adalah merupakan suatu obyek yang mempunyai cakupan relative luas, antara lain meliputi gerakan, kebasahan geladak, hempasan gelombang, beban-beban hidrodinamis, dan sebagainya (Djatkiko, 2004). Oleh karena itu,



karakteristik gerakan merupakan salah satu faktor utama yang menentukan operabilitas dari suatu anjungan lepas pantai.

SPAR merupakan bangunan apung yang handal untuk beroperasi di tengah laut dalam waktu yang lama dengan kondisi lingkungan ekstrim. Karena akan beroperasi di perairan dalam (*deep water*) dengan jangka waktu yang lama maka perlu dilakukan berbagai analisis dalam perancangannya (Matos, et al, 2010). Analisis operabilitas penting untuk dipertimbangkan guna mengetahui kemampuan struktur beroperasi.

Oleh karena itu, pada Tugas Akhir ini dilakukan studi operabilitas struktur SPAR. Objek SPAR yang dikaji adalah jenis *Truss* SPAR dimana ukuran utama dari SPAR ini mengacu pada parameter struktur *Horn Mountain* SPAR Platform dengan data lingkungan di Selat Makassar menggunakan sistem tambat taut. Studi ini akan menghasilkan suatu informasi mengenai kemampuan struktur beroperasi dalam kriteria tertentu.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana respon gerakan struktur SPAR pada saat tertambat?
2. Bagaimana operabilitas dari struktur SPAR terhadap kondisi lingkungan di Selat Makassar?

## **1.3 Tujuan Penulisan**

Tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Menghitung dan menganalisa respon gerakan struktur SPAR pada saat tertambat.
2. Menghitung dan menganalisa operabilitas struktur SPAR terhadap kondisi lingkungan di Selat Makassar.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui respon gerakan struktur SPAR pada saat tertambat.



2. Mengetahui operabilitas struktur SPAR terhadap kondisi lingkungan di Selat Makassar.

### 1.5 Batasan Masalah

Agar lebih memudahkan analisis dan dapat dicapai tujuan yang diharapkan, maka perlu diberikan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Ukuran utama SPAR platform akan mengacu pada parameter utama struktur *Horn Mountain* SPAR Platform.
2. Daerah operasi SPAR ditetapkan di Selat Makassar.
3. Prediksi gerakan pada gelombang regular dilakukan dengan menerapkan teori difraksi 3-dimensi.
4. Prediksi gerakan pada gelombang acak dilakukan dengan menerapkan analisis spectra, dengan menggunakan formulasi Spektra JONSWAP.
5. Beban yang ditinjau dalam penelitian ini hanya beban lingkungan yang berupa beban angin, arus dan gelombang.
6. Sistem tambat bertipe *taut mooring* dengan variasi system tali tambat sebanyak 4, 8 dan 12 dengan asumsi setiap variasi *mooring line* dipasang secara simetris dengan sudut tambat  $15^\circ$ .
7. Analisa pada kondisi tertambat dilakukan pada heading angle  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ .
8. Dalam pemodelan, semua peralatan, perlengkapan di atas deck dan riser tidak dimodelkan.
9. Pemodelan struktur menggunakan *ANSYS Design Modeler*.
10. Analisis RAO kondisi free floating dan tertambat pada struktur SPAR menggunakan software *ANSYS Aqwa*.
11. Pada tugas akhir ini kriteria *seakeeping* untuk analisa operabilitas menggunakan acuan dari Olson (1978) untuk criteria umum dan pemuatan. Sedangkan untuk criteria operasi crane mengacu pada Zheng et al (1988).
12. Data sebaran gelombang yang digunakan untuk analisis operabilitas adalah data sebaran untuk arah datang gelombang tahunan.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisa laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:



## **BAB I. PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian yang akan dilakukan, perumusan masalah, tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan tugas akhir, manfaat yang diperoleh, serta ruang lingkup penelitian untuk membatasi analisis yang dilakukan dalam tugas akhir.

## **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

Bab ini menjelaskan tentang beberapa penelitian tentang struktur SPAR yang pernah dilakukan sebelumnya yang dijadikan acuan dan referensi oleh penulis serta dasar-dasar teori yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini.

## **BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan langkah-langkah pengerjaan yang meliputi identifikasi data, pemodelan struktur, analisis gerakan struktur pada kondisi terapung bebas, analisis gerakan struktur pada kondisi tertambat, dan respon struktur SPAR platform terhadap gelombang irregular. Dari penelitian ini akan didapatkan hasil operabilitas struktur SPAR platform pada kondisi lingkungan Selat Makassar dengan menggunakan batas kriteria *seakeeping* yang telah ditentukan.

## **BAB IV. ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tentang pembahasan dari topik penelitian penulis berupa jabaran langkah-langkah yang telah dilakukan untuk mendapatkan hasil penelitian serta penjelasan terkait hasil yang didapatkan dari penelitian.

## **BAB V. PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan dari analisis yang dilakukan pada penelitian ini. Bagian ini juga berisi saran yang bermanfaat untuk keberlanjutan penelitian terkait pengembangan struktur.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Soedjono (1998) menyebutkan bahwa secara garis besar konstruksi anjungan lepas pantai dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) golongan utama, yaitu :

1. Anjungan terapung (*Mobile Offshore Drilling Unit (MODU)* atau (*Floating Production Platform*) seperti *Semi-Submersible*, *Drill Ship*, dan *Mooring Storage Tanker*.
2. Anjungan terpancang (*Fixed Offshore Platform*), seperti: *Jacket Platform*, *Concrete*, *Gravity-Based Platform*, dan *Tripod*.
3. Anjungan struktur lentur (*Compliant Platform*), seperti: *Articulated Tower*, *Guyed Tower* dan SPAR.

Penelitian tentang SPAR telah berkembang baru-baru ini dan dalam waktu singkat beberapa peneliti telah menyelidiki dinamika respon SPAR secara numerik serta eksperimen. Kebanyakan studi sebelumnya berfokus pada *second-order force* yang diterapkan untuk SPAR generasi pertama, yaitu *Classic SPAR* dimodelkan sebagai *rigid body* dengan *6 degree of freedom*, terhubung ke dasar laut dengan *catenary mooring lines* multi komponen yang melekat pada SPAR di *fairleads*. Respon itu tergantung dari matriks kekakuan yang terdiri dari tiga bagian: (a) *hydrostatics* menyediakan *restoring force* untuk *heave*, *roll* dan *pitch*; (b) *mooring lines* memberikan *restoring force* yang diwakili oleh nonlinear horizontal; dan (c) *vertical spring* (Agarwal 2001).

Sadeghi (2004) menyatakan SPAR Platform telah banyak diakui sebagai pilihan yang layak untuk industri lepas pantai untuk digunakan di wilayah laut dalam dan perairan sangat dalam. Sebuah *classic spar* pada dasarnya adalah silinder vertikal besar yang dapat digunakan sebagai produksi, penyimpanan, dan *off-loading platform*. SPAR dirancang untuk memiliki getaran periode natural yang lebih tinggi dari periode gelombang yang dominan, sehingga hampir tidak ada gaya linier pada frekuensi alami. Karena pada alam yang gelombang permukaan air nonlinier, perbedaan interaksi frekuensi antara komponen



gelombang laut dapat mengakibatkan eksitasi frekuensi rendah gaya gelombang respon hidrodinamik dari sistem produksi terapung, terutama rancangan spar pada laut dalam, adalah perhatian utama dalam industri lepas pantai untuk pengaruhnya terhadap pemilihan pengeboran dan peralatan produksi yang sesuai (Nallayarasu, 2012).

Pengaruh dari geometri *hull* adalah pada respon hidrodinamik SPAR di gelombang reguler. Gerak heave dari struktur pada kondisi terapung adalah kritis. Respon heave dapat ditekan dengan memasang *heave plate*. Namun, terkait efek hidrodinamik, termasuk *viscous damping* dan *added mass* adalah sangat rumit. Tambahan juga, ada penyelidikan eksperimental yang terbatas untuk memahami efek *heave plate* pada desain platform yang sebenarnya (Huang, 2012).

Rho dan Choi (2002) melakukan tes model SPAR dengan/tanpa damping plate, dengan/tanpa strakes dan dengan/tanpa moonpool dan membandingkan eksperimental hasil dengan yang numerik. Menggunakan tambahan kode WADAM, RAO *first order* dari 6 degree of freedom dan kekuatan dari geometris spar dihitung selama rentang frekuensi 0,01 rad/s - 1,5 rad/s, di sudut gelombang insiden setiap 15° lainnya antara 0° - 360°, di kedalaman air 1219 m. Efek dari sistem *mooring* dan *riser* diperhitungkan dengan memberikan ketentuan *pre-tension*, sudut dan kekakuan pada *fairleads*. Karena tubuh utama dari geometrik spar simetris baik di X-axis dan Y-axis, RAO hanya dihitung dari arah pembebanan 0°, 30°, 60°, 90°.

## **2.2 Dasar Teori**

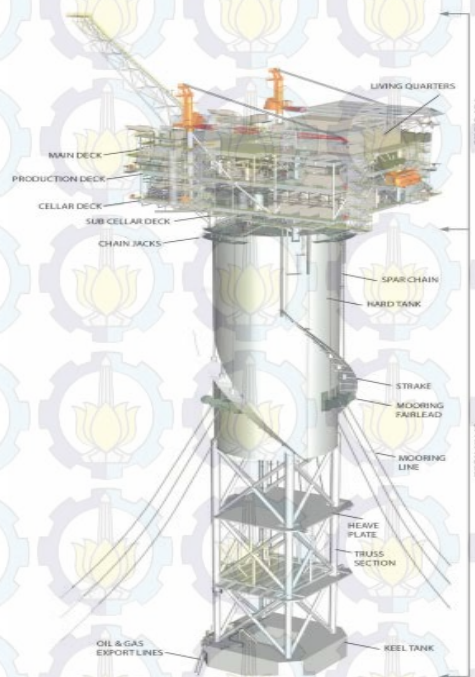
### **2.2.1 SPAR Platform**

Menurut ABS (2003), SPAR adalah jenis anjungan lepas pantai bertipe *deep draft installation* yang terdiri dari system *hull* dengan *topside deck* yang berada di atasnya. Bagian *hull* dari struktur ini terbagi atas *upper hull*, *mid-section*, dan *lower hull*. Sedangkan bagian *topside deck* berupa *deck* yang berjenis *space frame truss* yang menyediakan ruang ntuk peralatan produksi, *workover* dan *drilling rig* (jika ada).

Sedangkan menurut Kurian (2012), SPAR adalah jenis *floating deepwater platform* yang digunakan pada *ultra deep water*. SPAR dirancang untuk



mendukung aktivitas pengeboran, operasi produksi dan penyimpanan dari industri minyak dan gas. SPAR dikategorikan dalam *floating structure* dengan system *mooring* yang di tambatkan pada dasar laut. SPAR platform dikembangkan pada tahun 1990 dan jenis SPAR platform yang pertama kali diinstal adalah *Neptune SPAR* pada tahun 1996 di Teluk Meksiko. Pada tahun-tahun berikutnya SPAR platform menjadi salah satu platform yang banyak digunakan dalam proses eksplorasi dan eksploitasi di laut dalam sehingga pengembangan teknologi pada SPAR platform terus ditingkatkan. Desain dari SPAR platform berbeda dari kebanyakan platform yang ada, umumnya berbentuk persegi sementara SPAR platform memiliki bentuk silinder untuk mempertahankan posisinya saat melakukan operasi.



**Gambar 2.1** Gambaran Umum SPAR Platform (Furlow, 2014)

Menurut Argawal dan Jain (2001) SPAR platform memiliki kelebihan dibandingkan dengan jenis platform lain yaitu :

1. Dapat beroperasi pada kedalaman hingga 3000 meter dengan pengeboran dan produksi atau hanya produksi.
2. Memiliki kapasitas *payload* yang besar pada *topside*
3. Riser dapat digunakan untuk proses produksi yang letaknya berada di tengah dari *center well*.



4. Struktur ini akan selalu stabil dikarenakan *center of buoyancy* (CB) selalu di atas dari *center of gravity* (CG).
5. Memiliki *motion* yang menguntungkan jika dibandingkan dengan *floating structure* lainnya.
6. Pada bagian *hull* dapat menggunakan material beton atau baja.
7. Pada bagian *hull* dan *deck* hanya memiliki sedikit sekat.
8. Penyimpanan minyak dapat digunakan dengan maksimal sehingga perbedaan *cost* dapat diminimalisir.
9. Memiliki karakteristik *sea keeping* yang baik jika dibandingkan dengan *mobile drilling units*.
10. Pada sistem *mooring* mudah dalam proses instalasi, operasi, dan pemindahan tempat.

#### **2.2.1.1 Perkembangan Teknologi SPAR Platform**

Konsep penggunaan Spar dalam kebutuhan *drilling*, produksi dan *storage system* sebenarnya sudah diterapkan pada tahun 1980-an. Setelah dilakukan beberapa kajian dan usaha atas kerjasama industri minyak dan gas pada tahun 1996 Oryx *energy* dan CNG berhasil menginstall SPAR Platform pertama di dunia. Hingga saat ini sudah terdapat 17 SPAR Platform yang sudah terinstall. Semua SPAR Platform beroperasi di Teluk Meksiko dan hanya satu SPAR platform yang beroperasi diluar Teluk Meksiko yaitu di Malaysia. Hingga saat ini sudah terdapat 3 generasi jenis Spar Platform yaitu *Classic SPAR*, *Truss SPAR*, dan *Cell SPAR*.

#### **2.2.1.2 Classic SPAR**

*Classic SPAR* merupakan jenis SPAR Platform yang pertama kali digunakan pada tahun 1996 dalam industri minyak dan gas. Terdapat tiga *classic SPAR* yaitu Neptune, Genenis dan Hoover Diana. Pada bagian *hull* pada *Classic SPAR* memiliki 3 bagian yaitu:

1. *Upper Section* : Bagian yang berisi udara untuk mendukung *buoyancy*
2. *Center Well* : Berisi air laut



3. *Keel Section* : Bagian untuk transportasi minyak dan tempat instalasi sistem *ballast*.

#### 2.2.1.3 *Truss SPAR*

*Truss SPAR* merupakan pengembangan dalam desain dari SPAR. Adanya pengaruh dinamis dari struktur SPAR sehingga perlu adanya evaluasi desain dari tipe *Classic SPAR*. *Truss SPAR* pertama kali diaplikasikan pada tahun 2001 ketika perusahaan Kerr-McGee berhasil melakukan instalasi Nansen Platform di daerah Teluk Meksiko. Perdido SPAR merupakan jenis *Truss SPAR* yang paling terkenal karena beroperasi di laut yang sangat dalam yaitu 2450 meter. *Truss* yang digunakan merupakan sebuah sistem yang memberikan daya dukung pada heave plate untuk mengurangi pengaruh heave pada struktur SPAR. Pada *Truss SPAR* dibagian hull terdiri dari tiga section yaitu:

1. *Hard Tank* : Menyediakan tempat terbesar untuk buoyancy dari *Truss SPAR*.
2. *Truss Section* : Sebagai support dari heave plate dan menyediakan jarak antara *hard tank* dengan *soft tank*.
3. *Soft Tank* : Terdiri dari *ballast* tetap dan tempat untuk ekspor *pipelines* dan *flowlines*.

#### 2.2.1.4 *Cell SPAR*

*Cell SPAR* merupakan inovasi selanjutnya dari SPAR Platform. *Cell SPAR* didesain oleh Kerr-McGee pada Red Hawk Project. Red Hawk merupakan satu-satunya *Cell SPAR* di dunia dan beroperasi mulai tahun 2004. Desain dari *Cell SPAR* terdiri dari:

1. *Hard Tank* : Terdiri dari 6 buah tabung silinder dan mengelilingi tabung ke tujuh yang berada di tengah-tengah.
2. Setiap tabung memiliki diameter 20 ft dan terdiri dari tangki ballast yang bervariasi.
3. Pada bagian tengah hull yang terdiri dari 3 tabung dengan total 7 tabung merupakan bagian penghubung antara hard tank dan soft tank.
4. Pada bagian bawah atau keel terdiri dari ballast permanen.





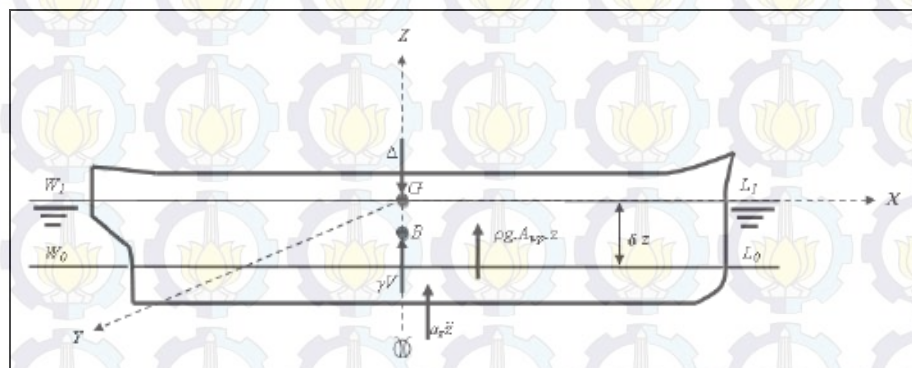
**Gambar 2.2** Evolusi SPAR (Sablok, 2011)

### 2.2.2 Gerakan Struktur Bangunan Apung Akibat Eksitasi Gelombang

Pada dasarnya benda yang mengapung mempunyai 6 mode gerakan bebas (*Six Degree Of Freedom*) yang terbagi menjadi dua kelompok, yaitu 3 mode gerakan translasional yaitu *surge*, *sway* dan *heave* serta 3 mode gerakan rotasional yaitu *roll*, *pitch* dan *yaw*, dimana enam mode gerakan tersebut adalah:

#### 2.2.2.1 Heave

*Heave* adalah gerakan osilasi translasi pada arah sumbu vertikal (sumbu  $z$ ), dimana *heaving* adalah salah satu gerakan kapal pada permukaan perairan gelombang regular, dimana gerakan-gerakannya tersebut disebabkan oleh adanya gaya luar yang bekerja pada badan kapal yang berupa gaya gelombang (Murtedjo, 1990).



**Gambar 2.3** Ilustrasi Gerakan *Heaving* (sumber: Murtedjo, 1999)

dengan:

$\Delta$  : displasemen struktur terapung (ton)

- $G$  : titik tangkap gaya berat (m)  
 $B$  : titik tangkap gaya angkat ke atas (m)  
 $\gamma V$  : gaya angkat ke atas  
 $W_0 L_0$  : garis air keadaan awal  
 $W_1 L_1$  : garis air keadaan heave  
 $a_z Z$  : tambahan gaya angkat ke atas karena massa tambah  
 $\Delta z$  : besar jarak simpangan heave (m)

Dimana persamaan gelombang reguler dapat ditulis sebagai berikut:

$$\zeta = \zeta_a \cos(kx - \omega_e t) \quad (2.1)$$

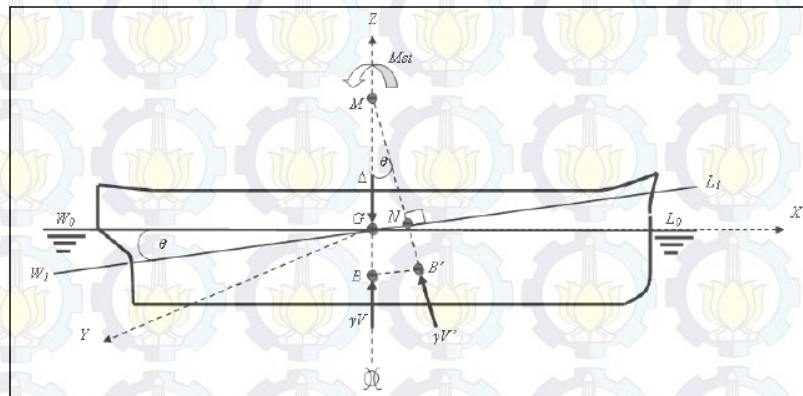
Secara umum persamaan gerakan heaving suatu kapal pada gelombang reguler adalah:

$$a\ddot{Z} + b\dot{Z} + cZ = F_0 \cos(\omega_e t) \quad (2.2)$$

Penyelesaian persamaan umum di atas adalah:

$$Z(t) = Z_h(t) + Z_p(t) \quad (2.3)$$

#### 2.2.2.2 Pitch



**Gambar 2.4** Ilustrasi Gerakan *Pitching* (Murtedjo, 1999)

dengan:

- $\Delta$  : Displasmen struktur terapung (ton)  
 $G$  : Titik tangkap gaya berat (titik berat)  
 $B$  : Titik tangkap gaya angkat ke atas kondisi awal



$B'$  : Titik tangkap gaya angkat ke atas kondisi *pitching*

$\gamma V$  : Gaya angkat ke atas kondisi awal

$\gamma V'$  : Gaya angkat ke atas saat *pitching*

$W_0 L_0$  : Garis air keadaan awal

$W_1 L_1$  : Garis air keadaan *pitching*

$\theta$  : Sudut *pitching*

$M$  : Titik *metacenter*

$M_{st}$  : Momen stabilitas

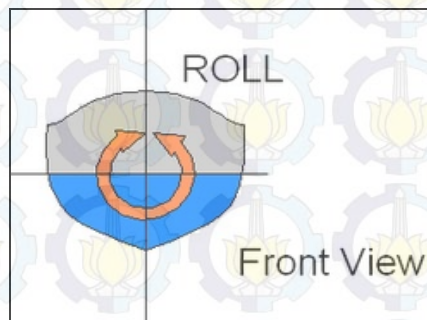
*Pitching* merupakan gerakan osilasi rotasional pada arah sumbu melintang (sumbu y), dimana gerakan rotasional pada gerakan *pitching* mengakibatkan beberapa momen, yaitu:

1. Momen Inersia
2. Momen Redaman
3. Momen Pengembali
4. Momen Eksitasi

Dimana persamaan umum dari gerakan *pitching* pada gelombang reguler adalah sebagai berikut:

$$a\ddot{\theta} + b\dot{\theta} + c\theta = M_0 \cos(\omega_e t) \quad (2.4)$$

### 2.2.2.3 Roll



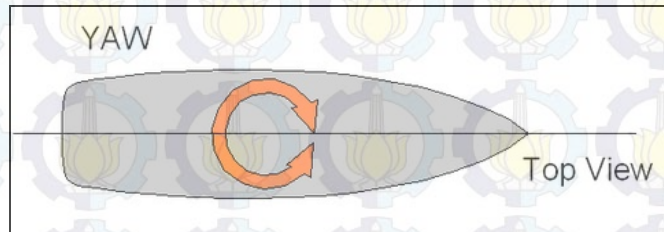
**Gambar 2.5** Ilustrasi Gerakan *Rolling* (Djarmiko, 2012)

*Rolling* merupakan gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu longitudinal (sumbu x), dimana persamaan umum dari gerakan *rolling* kapal pada gelombang regular dapat di tulis sebagai berikut :

$$a\ddot{\theta} + b\dot{\theta} + c\theta = M_0 \cos(\omega_e t) \quad (2.5)$$

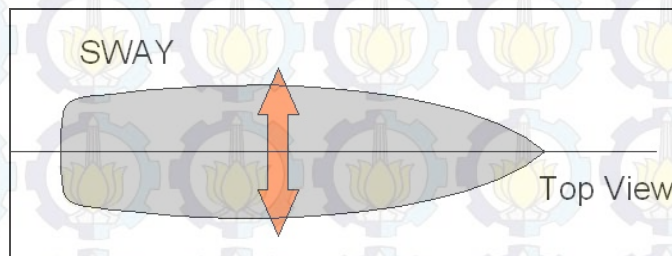
#### 2.2.2.4 Yaw

*Yawing* merupakan gerakan rotasional pada kapal dimana arah pergerakan dari gerakan rotasional ini mengacu pada sumbu utama yaitu sumbu vertikal (sumbu z).



**Gambar 2.6** Ilustrasi Gerakan *Yawing* (Djatkiko, 2012)

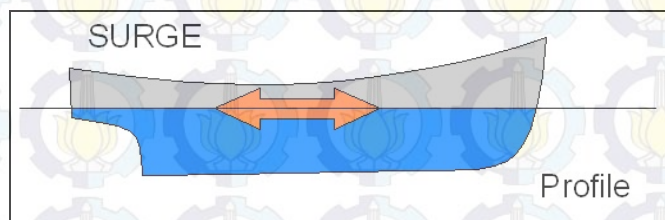
#### 2.2.2.5 Sway



**Gambar 2.7** Ilustrasi Gerakan *Swaying* (Djatkiko, 2012)

*Swaying* merupakan gerakan osilasi pada kapal dimana arah pergerakan dari gerakan rotasional ini mengacu pada sumbu utama yaitu sumbu melintang (sumbu y).

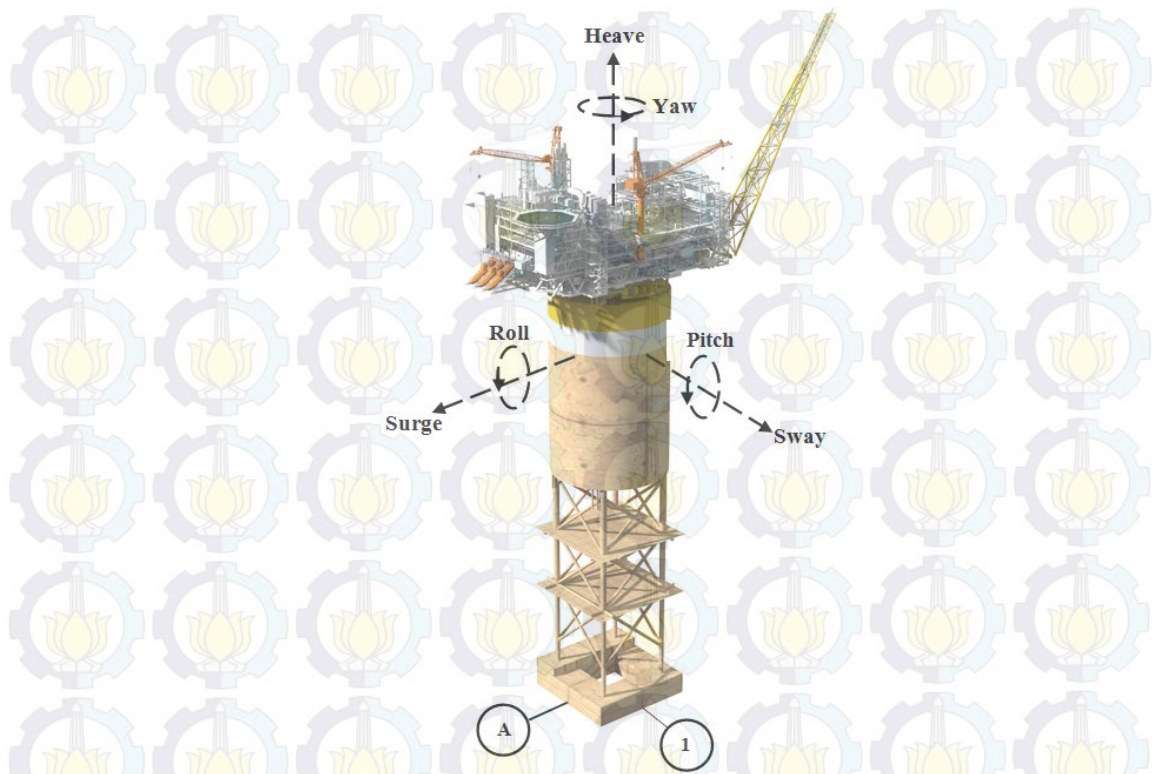
#### 2.2.2.6 Surge



**Gambar 2.8** Ilustrasi Gerakan *Surging* (Djatkiko, 2012)

*Surge* merupakan gerakan osilasi pada kapal dimana arah pergerakan dari gerakan translasional ini mengacu pada sumbu utama yaitu sumbu longitudinal (sumbu x).





**Gambar 2.9** Ilustrasi Enam Derajat Kebebasan pada SPAR Platform

### 2.2.3 Respon Bangunan Apung dalam Enam Derajat Kebebasan

Bangunan apung akan mengalami enam gerakan secara bersamaan. Keenam gerakan tersebut adalah merupakan osilasi linier dan harmonik, yang dapat dinyatakan dalam persamaan diferensial gerakan kopel dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{n=1}^6 [(M_{jk} + A_{jk})\ddot{\zeta}_k + B_{jk}\dot{\zeta}_k + K_{jk}\zeta_k] = F_j e^{i\omega t}; \quad j, k = 1, 2, \dots, 6 \quad (2.6)$$

dengan:

$M_{jk}$  : Matriks massa dan momen inersia massa bangunan laut.

$A_{jk}$  : Matriks koefisien-koefisien massa tambah hidrodinamik.

$B_{jk}$  : Matriks koefisien-koefisien redaman hidrodinamik.

$K_{jk}$  : Matriks koefisien-koefisien kekakuan atau gaya dan momen hidrostatik.

$F_j$  : Matriks gaya eksitasi ( $F_1, F_2, F_3$ ) dan momen eksitasi ( $M_4, M_5, M_6$ ) dalam fungsi kompleks (dinyatakan oleh  $e^{i\omega t}$ )



$\zeta_k$  : Elevasi gerakan pada mode ke  $k$ .

$\dot{\zeta}_k$  : Elevasi kecepatan gerak pada mode ke  $k$ .

$\ddot{\zeta}_k$  : Elevasi percepatan gerak pada mode ke  $k$ .

Persamaan (2.6) menunjukkan hubungan antara gaya aksi di ruas kanan dan gaya reaksi di ruas kiri. Gaya aksi adalah merupakan eksitasi gelombang, sedangkan gaya reaksinya terdiri dari gaya inersia, gaya redaman dan gaya pengembali, yang masing-masing berkorelasi dengan percepatan gerak, kecepatan gerak dan simpangan atau displasemen gerakan.

Penyelesaian pers. (2.6) dapat dilakukan dengan menentukan potensial kecepatan, yang terdiri dari komponen tunak independen terhadap waktu yang ditimbulkan oleh laju gerak maju, dan komponen yang dependen terhadap waktu akibat sistem gelombang insiden dan gerakan tak-tunak dari bangunan laut, sebagai berikut:

$$\Phi(x, y, z, t) = [-U_x + \Phi_s(x, y, z)] + \Phi_T(x, y, z) e^{i\omega t} \quad (2.7)$$

Dalam pers. (2.7), variabel pertama di ruas kanan adalah merupakan kontribusi dari potensial kecepatan tunak atau *steady*,  $\Phi_s$ , dan laju atau kecepatan maju bangunan laut  $U_x$ . Sedangkan variabel kedua adalah kontribusi dari potensial kecepatan tak tunak atau *unsteady*:

$$\Phi_T = \zeta(\Phi_I + \Phi_D) + \sum_{j=1}^6 \zeta_j \Phi_j \quad (2.8)$$

di mana  $\Phi_I$  dan  $\Phi_D$  adalah potensial kecepatan gelombang insiden dan difraksi, yang intensitasnya dipengaruhi oleh elevasi gelombang  $\zeta$ . Besaran  $\Phi_j$  adalah potensial kecepatan radiasi yang ditimbulkan oleh mode gerakan ke  $j$ , atau  $\zeta_j$ . Penyelesaian potensial kecepatan insiden dan difraksi akan memberikan gaya-gaya eksitasi gelombang. Penyelesaian potensial kecepatan radiasi akan memberikan harga-harga koefisien hidrodinamis, yakni massa tambah dan redaman, sebagaimana diutarakan dalam sub-bab sebelumnya.

Penyelesaian persamaan gerak akan terdiri, pertama, komponen persamaan mode gerakan surge, yang mempunyai bentuk:



$$m_{11}\ddot{\zeta}_x = F_1 \quad (2.9)$$

Kedua, komponen gerakan kopel *heave* dan *pitch*, yang mempunyai bentuk:

$$\begin{aligned} (m_{33} + a_{33})\ddot{\zeta}_z + b_{33}\dot{\zeta}_z + k_{33}\zeta_z + a_{35}\ddot{\zeta}_\theta + b_{35}\dot{\zeta}_\theta + k_{35}\zeta_\theta &= F_3 \\ (I_{55} + a_{55})\ddot{\zeta}_\theta + b_{55}\dot{\zeta}_\theta + k_{55}\zeta_\theta + a_{53}\ddot{\zeta}_z + b_{53}\dot{\zeta}_z + k_{53}\zeta_z &= F_5 \end{aligned} \quad (2.10)$$

Ketiga, komponen gerakan kopel *sway*, *roll* dan *yaw*, yang diekspresikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} (m_{22} + a_{22})\ddot{\zeta}_y + b_{22}\dot{\zeta}_y + a_{24}\ddot{\zeta}_\phi + b_{24}\dot{\zeta}_\phi + a_{26}\ddot{\zeta}_\psi + b_{26}\dot{\zeta}_\psi &= F_2 \\ (I_{44} + a_{44})\ddot{\zeta}_\phi + b_{44}\dot{\zeta}_\phi + k_{44}\zeta_\phi + a_{42}\ddot{\zeta}_y + b_{42}\dot{\zeta}_y + a_{46}\ddot{\zeta}_\psi + b_{46}\dot{\zeta}_\psi &= F_4 \\ (I_{66} + a_{66})\ddot{\zeta}_\psi + b_{66}\dot{\zeta}_\psi + a_{62}\ddot{\zeta}_y + b_{62}\dot{\zeta}_y + a_{64}\ddot{\zeta}_\phi + b_{64}\dot{\zeta}_\phi &= F_6 \end{aligned} \quad (2.11)$$

Prediksi gerakan dengan menggunakan formulasi di atas dapat diselesaikan secara numerik, antara lain dengan penerapan metoda panel, yang mengakomodasi teori difraksi 3-dimensi, dengan teknik *translating-pulsating source distribution*, sebagaimana dijelaskan oleh Chan (1990). Hasil prediksi gerakan bangunan apung umum diberikan dalam bentuk perbandingan antara amplitudo mode gerakan tertentu dengan amplitudo gelombang insiden, yang berfluktuasi sebagai fungsi perubahan frekuensi gelombangnya. Perbandingan amplitudo tersebut adalah disebut sebagai *respons amplitude operator (RAO)*.

#### 2.2.4 Response Amplitude Operator (RAO)

*Response Amplitude Operator (RAO)* atau sering disebut *transfer function* adalah fungsi respon yang terjadi akibat gelombang dalam rentang frekuensi yang mengenai struktur *offshore*. RAO dapat juga didefinisikan sebagai hubungan antara amplitudo respon terhadap amplitudo gelombang. Amplitudo respon bisa berupa gerakan, tegangan, maupun getaran.

RAO juga disebut sebagai *Transfer Function* karena RAO merupakan alat untuk mentransfer beban luar (gelombang) dalam bentuk respon pada suatu struktur (Chakrabarti, 1987). Persamaan RAO dapat dicari sebagai berikut:

$$RAO = \frac{R_a}{\zeta_a} \quad (2.12)$$



dengan:

$R_a$  = Amplitudo respon struktur ( $m$ )

$\zeta_a$  = Amplitudo gelombang ( $m$ )

### 2.2.5 Spektrum Energi Gelombang

Perancangan bangunan laut seharusnya didasarkan pada spektra gelombang yang dihasilkan dari data gelombang setempat. Dalam hal spektra atau data gelombang setempat tidak tersedia, dipilih formulasi spektra gelombang yang sesuai (perairan terbuka, perairan tertutup, efek angin, geografis, kedalaman perairan, panjang fetch, dan lain-lain). Dari spektrum gelombang dapat diketahui parameter-parameter gelombang:

Tabel 2.1 Amplitudo dan Tinggi Gelombang pada Spektrum

Profil Gelombang	Amplitudo	Tinggi
Gelombang rata-rata	$1,25\sqrt{m_0}$	$2,5\sqrt{m_0}$
Gelombang signifikan	$2,00\sqrt{m_0}$	$4,00\sqrt{m_0}$
Rata-rata 1/10 gelombang tertinggi	$2,55\sqrt{m_0}$	$5,00\sqrt{m_0}$
Rata-rata 1/100 gelombang tertinggi	$3,44\sqrt{m_0}$	$6,67\sqrt{m_0}$

Dengan

$m_0$  = Luasan dibawah kurva spektrum (*zero moment*)

$$m_0 = \int_0^{\omega} S_{(\omega)} d\omega \quad (2.13)$$

Berikut adalah formulasi spektrum gelombang yang digunakan dalam penelitian ini:

- *Joint North Sea Wave Project* (JONSWAP) – untuk perairan tertutup/kepulauan, yang merupakan modifikasi dari Spektrum Pierson Moskowitz (Det Norske Veritas, 2011)

$$S_{PM}(\omega) = \frac{5}{16} H_s^2 \omega_p^4 \omega^{-5} \exp \left[ -\frac{5}{4} \left( \frac{\omega}{\omega_p} \right)^{-4} \right] \quad (2.14)$$

$$S_j(\omega) = A_j S_{PM}(\omega) \gamma^{\exp \left[ -0.5 \left( \frac{\omega - \omega_p}{\sigma \omega_p} \right)^2 \right]} \quad (2.15)$$



dengan:

$\omega_p$  = frekuensi puncak spektra (*spectral peak frequency*)

$\gamma$  = parameter puncak (*peakedness parameter*)

$A_\gamma = 1 - 0.287 \ln(\gamma)$  (*normalizing factor*)

$\sigma$  = parameter bentuk (*shape parameter*)

untuk  $\omega \leq \omega_p = 0,07$  dan  $\omega \geq \omega_p = 0,09$

### 2.2.6 Respon Spektra

Dalam analisis spektra kurun waktu pendek informasi pertama yang harus diperoleh adalah harga *response amplitude operator* (RAO). Selanjutnya dipilih spektra gelombang  $S(\omega)$  yang sesuai dengan perairan di mana kapal dioperasikan, yang bila dikorelasikan dengan RAO akan memberikan spektra respons,  $S_R(\omega)$ , yang mana spektra respon didefinisikan sebagai respon energi dari struktur akibat input energi gelombang dan *density* spektrum energi. Pada sistem linear, respon spektra di dapat dengan mengkuadratkan RAO yang kemudian di kalikan dengan spektrum gelombang, yang secara persamaan dapat ditulis :

$$S_R(\omega) = RAO^2 \times S_{(\omega)} \quad (2.16)$$

$$= \left( \frac{\zeta_R}{\zeta_W} \right)^2 \times S_{(\omega)} \quad (2.17)$$

dimana:

$S_R$  = Respon spektra (m<sup>2</sup>-sec)

$S_{(\omega)}$  = Spektrum gelombang (m<sup>2</sup>-sec)

$RAO$  = Response Amplitude Operator

$\omega$  = Frekuensi gelombang (rad/sec)

### 2.2.7 Sistem Tambat / *Mooring Line System*

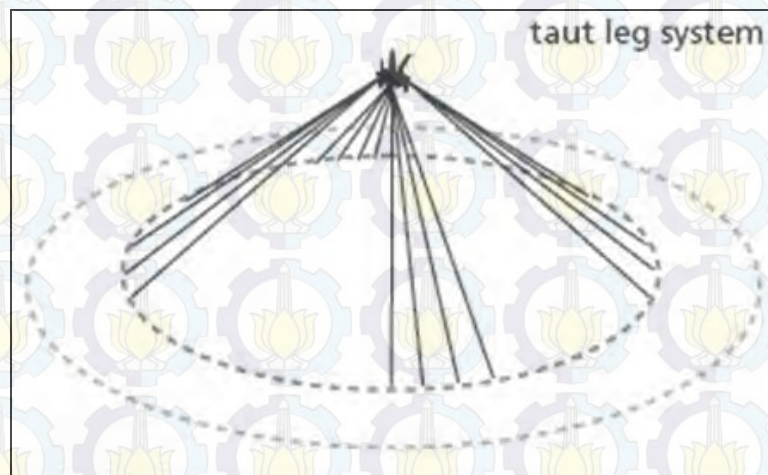
Terdapat berbagai jenis dan tipe konfigurasi sistem tambat yang telah dikembangkan dan digunakan sampai saat ini. Terdapat tiga tipe sistem tambat yang dibedakan yaitu *spread mooring*, *single point mooring* dan *dynamic positioning* (API RP 2SK 3rd, 2005). *Spread mooring* merupakan sistem tambat



yang telah banyak digunakan baik untuk bangunan apung berbentuk mirip kapal (*ship-shaped vessels*) maupun bangunan apung seperti TLP, SPAR, dan *semi-submersible*. *Spread mooring* lebih banyak digunakan untuk bangunan tidak berbentuk mirip kapal, dikarenakan sensitivitas terhadap arah datang lingkungan yang rendah. Oleh karena itu *spread mooring* mulai digunakan pada bangunan apung TLP, SPAR, dan semisubmersible. *Spread mooring* sendiri dapat dibedakan menjadi dua tipe yaitu *taut leg mooring system* dan *catenary mooring system*.

#### 2.2.7.1 Taut Leg Mooring System

Pada kondisi laut dalam, berat dari tali tambat menjadi terbatas pada *design* struktur bangunan terapung. Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah penggunaan tipe sistem tambat *taut leg mooring*. Sistem mooring ini akan membentuk sudut antara tali tambat dengan dasar laut, dimana dapat menahan baik gaya horisontal maupun vertikal. Sistem tambat ini pula memiliki kelebihan pada pembagian beban, lebih sedikitnya *footprint* pada dasar laut serta membutuhkan lebih sedikit tali tambat yang dibutuhkan dari pada menggunakan sistem *catenary*.



**Gambar 2.10** Konfigurasi Sistem Tambat Jenis *Taut Leg System*

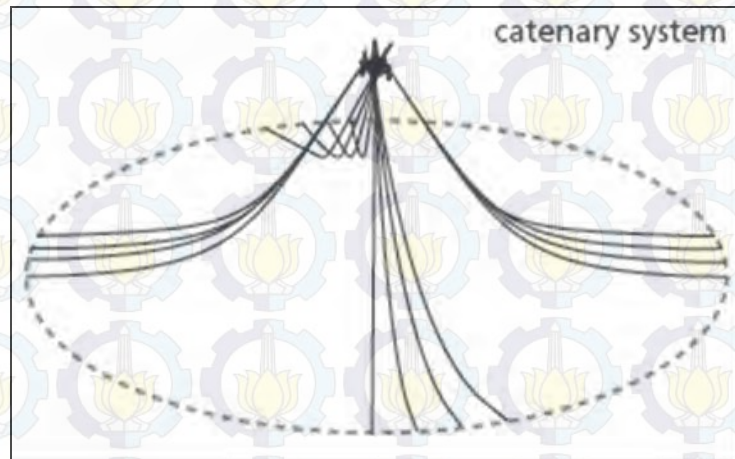
([www.dredgingengineering.com](http://www.dredgingengineering.com))

#### 2.2.7.2 Catenary Mooring System

Pada kondisi perairan dangkal menuju dalam, sistem tambat *catenary* merupakan sistem tambat pertama dan paling umum digunakan. Pada sistem



tambat ini gaya pengembali (*restoring forces*) dilakukan oleh berat dari mooring lines.



**Gambar 2.11** Konfigurasi Sistem Tambat Jenis *Catenary Leg System*  
([www.dredgingengineering.com](http://www.dredgingengineering.com))

### 2.2.8 Konsep Pembebanan

Dalam proses perancangan struktur lepas pantai (*offshore structure*), penentuan kemampuan kerja struktur dipengaruhi oleh beban yang bekerja pada struktur tersebut. Perancang harus menentukan akurasi beban yang akan dipakai dalam perancangan *offshore structure* terlebih dahulu.

Menurut ABS (2003), mode operasi SPAR baik saat kondisi *pre-service* maupun *in-service* harus diselidiki dengan mengantisipasi beban-beban yang diterima oleh struktur pada dua kondisi tersebut. Beban-beban yang diperhitungkan berupa beban mati struktur tersebut dan beban lingkungan. SPAR dirancang untuk kondisi pembebanan yang menghasilkan dampak paling parah pada struktur baik secara local maupun global. Dalam penelitian ini, beban-beban yang ditinjau oleh penulis adalah hanya berupa beban lingkungan yang berlokasi di daerah Selat Makassar, Indonesia dengan rincian beban lingkungan sebagai berikut:

#### 2.2.8.1 Beban Arus

Beban arus merupakan salah satu beban lingkungan yang memberikan gaya terhadap *offshore structure*. Arus akibat pasang surut memiliki kecepatan yang semakin berkurang seiring dengan bertambahnya kedalaman sesuai fungsi



nonlinear. Sedangkan arus yang disebabkan oleh angin memiliki karakter yang sama tetapi dalam fungsi linear.

#### **2.2.8.2 Beban Angin**

Beban angin merupakan beban dinamis, namun beberapa struktur akan meresponnya pada model statis yang paling mendekati. Dalam perancangan sebuah offshore structure pada umumnya, perhitungan beban angin diisyaratkan untuk didasarkan pada besarnya kecepatan ekstrim dengan pengulangan 50 atau 100 tahun.

#### **2.2.8.3 Beban Gelombang**

Syarat pemilihan teori untuk perhitungan gaya gelombang didasarkan pada perbandingan antara diameter struktur ( $D$ ) dengan panjang gelombang ( $\lambda$ ) sebagai berikut:

- $D/\lambda > 1$  = gelombang mendekati pemantulan murni, persamaan morison tidak valid
- $D/\lambda > 0.2$  = difraksi gelombang perlu diperhitungkan, persamaan morison tidak valid
- $D/\lambda < 0.2$  = persamaan morison valid

Berikut adalah teori yang digunakan pada perhitungan gaya gelombang (Indiyono, 2003), yaitu:

##### **a) Teori Morison**

Persamaan morison mengasumsikan bahwa gelombang terdiri dari komponen gaya inersia dan drag force (hambatan) yang dijumlahkan secara linier. Persamaan morison lebih tepat diterapkan pada kasus struktur dimana gaya hambatan merupakan komponen yang dominan. Hal ini biasanya dijumpai pada struktur yang ukurannya ( $D$ ) relatif kecil dibandingkan dengan panjang gelombangnya ( $\lambda$ ).

##### **b) Teori Froude-Krylov**

Froude-Krylov digunakan bilamana gaya hambatan relatif kecil dan gaya inersia dianggap lebih berpengaruh, dimana struktur dianggap kecil. Teori ini mengadopsi metode tekanan gelombang incident dan bidang tekanan pada



permukaan struktur. Keuntungan dari teori ini adalah untuk struktur yang simetris, perhitungan gaya dapat dilakukan dengan persamaan terangkai (closed-form) dan koefisien-koefisien gayanya mudah ditentukan.

### c) Teori Difraksi

Bila suatu struktur mempunyai ukuran yang relatif besar, yakni memiliki ukuran yang kurang lebih sama dengan panjang gelombang, maka keberadaan struktur ini akan mempengaruhi timbulnya perubahan arah pada medan gelombang disekitarnya. Dalam hal ini difraksi gelombang dari permukaan struktur harus diperhitungkan dalam evaluasi gaya gelombang. Dikarenakan bangunan mengalami gerak kopel, maka peralatan-peralatan di atas deck juga mengalami gaya inersia yang diakibatkan oleh beban gelombang. Martins (2007) menyatakan bahwa dengan menggunakan hukum Newton kedua, gaya luar yang bekerja pada pusat gravitasi didapatkan persamaan :

$$F_{ext} = m \times a \quad (2.18)$$

dengan:

$F_{ext}$  = Gaya luar (N)

$m$  = Massa (kg)

$a$  = Percepatan ( $m/s^2$ )

### 2.2.9 Prediksi Operabilitas Bangunan Apung

Batasan-batasan operasi selalu dipunyai oleh semua sistem rekayasa. Keterbatasan ini menyangkut 3 kategori yaitu:

1. Batasan yang akan berpengaruh pada operatornya,
2. Batasan terhadap komponen atau sistem lain yang terkait dengan operasi tersebut,
3. Batasan yang langsung berpengaruh kepada sistem itu sendiri

Operator bangunan laut adalah manusia, yang mempunyai keterbatasan fisik dalam bekerja. Sehubungan dengan gerakan bangunan laut, kemampuan kerja operator akan mengalami penurunan bilamana gerakan akibat gelombang yang terjadi mempunyai intensitas yang relatif besar. Tubuh akan mengalami kelelahan secara mudah bila gerakannya mempunyai intensitas percepatan yang



tinggi. Sebagaimana banyak diteliti bahwa kemampuan kerja manusia akan menurun bila berada pada anjungan yang bergerak dengan percepatan mulai melampaui 0.2g (Lewis & Griffin, 1997).

Komponen atau sistem yang terkait di atas anjungan juga mempunyai batasan-batasan tertentu. Peralatan dan permesinan, yang mengandalkan kinerjanya dengan mengambil suplai bahan bakar atau fluida pelumas tentu saja akan dipengaruhi oleh gerakan anjungannya. Semakin besar anjungan bergerak akan semakin besar pula gangguan pada pergerakan atau mengalirnya fluida menuju ke mesin. Hal ini tentunya akan membatasi sampai seberapa besar intensitas gerakan anjungan yang boleh terjadi dimana mesin masih dapat bekerja dengan lancar. Sebagai contoh lain adalah pemindahan muatan antar anjungan atau kapal. Pengoperasian transfer barang atau muatan tentu saja akan dibatasi oleh gerakan keduanya. Semakin besar gerakan maka akan semakin sulit aktivitas transfer dilakukan dan pada tahap yang lebih kritis akan memungkinkan terjadi kecelakaan.

Dengan mempertimbangkan hal di atas seorang perancang dan selanjutnya operator haruslah menyadari pentingnya untuk menentukan batasan-batasan operasi atau yang biasa disebut sebagai kriteria operasi. Kriteria operasi bisa diperoleh dari pengalaman-pengalaman maupun penelitian khusus. Kriteria yang dibahas akan terkait langsung dengan skenario operasi anjungan. Skenario tersebut antara lain adalah kombinasi tinggi dan periode gelombang, arah gelombang dan kondisi pembebanan anjungan sendiri.

Karakteristik operabilitas dapat dilihat dengan membandingkan harga-harga dalam grafik yang menghubungkan harga stokastik gerakan dan tinggi gelombang signifikan dengan kriteria *seakeeping* yang telah ditetapkan. Operabilitas merupakan gambaran kemampuan struktur untuk bekerja yakni dengan membandingkan peluang struktur untuk bekerja dan data sebaran gelombang di tempat struktur beroperasi. Operabilitas dicapai jika batasan kriteria tidak terlampaui. Apabila kriteria operabilitas terlampaui, maka bangunan laut harus menghentikan operasinya, atau yang disebut dengan *downtime* (Djatkiko, 2012).



### 2.2.9.1 Seakeeping dan Efektifitas Pengoperasian

Kriteria umum pengoperasian adalah *seaworthiness*, *seakindliness* dan *seakeeping*. *Seakeeping* digunakan untuk mempertimbangkan kualitas respons dan kinerja struktur bangunan lepas pantai di atas gelombang. *Seaworthiness* merupakan ukuran kemampuan struktur untuk selamat ketika menghadapi kondisi ekstrem. Sedangkan *seakindliness* merupakan ukuran kemampuan operasi pada tingkat di bawah *seaworthiness* yakni kinerja pada kondisi normal atau di lingkungan yang tidak terlalu ekstrem (Hariroh, 2008). Dalam prakteknya seluruh analisa *seakeeping* diharapkan untuk mampu memberikan petunjuk praktis tentang perilaku struktur bangunan lepas pantai yang beroperasi, baik dalam kurun waktu pendek (*short term*) ataupun panjang (*long term*). Dari analisa perilaku berdasarkan kurun waktu tersebut, maka dapat disimpulkan tingkat efektifitas pengoperasian struktur.

Kriteria *seakeeping* digunakan sebagai acuan standard untuk melakukan evaluasi kemampuan bangunan apung untuk beroperasi dengan efektif pada kondisi gelombang tertentu. Acuan ini dipakai untuk melihat harga-harga stokastik gerakan, apakah melampaui batas-batas tertentu atau tidak. Berikut kriteria *seakeeping* yang digunakan untuk analisis operabilitas struktur SPAR Platform mengacu dari kriteria Olson (1978) untuk kriteria umum dan pemuatan dan juga kriteria Zheng et al (1988) untuk kriteria operasi *crane*.

**Tabel 2.2** Kriteria *Seakeeping* Olson (1978)

#### **A. Kriteria Umum**

##### **1. Amplitudo Roll Rata-rata Sebesar $12^0$**

Kriteria ini secara esensi mengindikasikan mengenai resiko kapal sehubungan dengan stabilitasnya, misalnya pengaruh naiknya air ke geladak terhadap degradasi stabilitas. Selanjutnya, sudut sebesar itu akan berpengaruh terhadap kerja ABK dan permesinan di atas kapal.

##### **2. Amplitudo Pitch Rata-rata sebesar $12^0$**

Kriteria ini pada dasarnya mengindikasikan resiko terjadinya slamming pada bagian haluan struktur terapung, yang dalam banyak hal



mempengaruhi aktivitas operasi di atas struktur terapung.

3. Percepatan Heave Signifikan  $\leq 0.2g$  (bila ada orang bekerja di atas geladak)

Kriteria ini menyatakan kemampuan ABK untuk melakukan operasi reguler peralatan di atas kapal, yang biasanya akan mulai sulit dilakukan bila percepatan gerak telah melampaui  $0.2g$  ( $0.2 \times 9.81 \text{ m/det}^2 = 1.96 \text{ m/det}^2$ )

4. Percepatan Heave Signifikan  $\leq 0.4g$  (bila tidak ada orang bekerja di atas geladak)

Kriteria ini menyatakan kemampuan ABK untuk tetap bertahan tidak mengalami mabuk laut., tetapi aktivitas tidak mampu mereka lakukan karena mengganggu kestabilan fisik.

#### **B. Kriteria Pemuatan**

5. Double Amplitudo Roll Signifikan Sebesar 12.80

Kriteria ini menunjukan resiko dan kesulitan yang akan dialami bila pemuatan atau pemindahan barang dilakukan pada kapal, misalnya karena kemiringan roll akan menyebabkan barang tergelincir secara transversal, yang dalam hal tertentu bila bobot barang cukup besar, maka menyebabkan kemiringan struktur terapung membesar, sehingga akan membahayakan stabilitas struktur terapung itu sendiri.

6. Double Amplitudo Signifikan Displacement (Gerak) Vertikal Sebesar 2.55m/s)

Kriteria ini mengimplikasikan tentang keselamatan dan kemudahan pemindahan/pemuatan barang atau personel antara satu kapal ke kapal lain, ataupun dari helikopter ke kapal dan sebaliknya.

7. Amplitudo Signifikan Kecepatan Vertikal Sebesar 2.13m/s

Kriteria ini mengindikasikan benturan yang berlebihan yang mungkin terjadi antara barang yang dipindahkan dengan geladak.



Meskipun gerakan vertikal rendah, misalnya tidak melampaui 2.55m/s (criteria 6), tetapi benturan dengan kecepatan di atas 2.13 m/s jelas sangat kritis efeknya terhadap struktur kapal, terutama bila barang-barang yang dipindahkan cukup berat atau mempunyai tingkat kekerasan yang tinggi. Bila sebaliknya barang yang dipindahkan relatif lemah, maka benturan dengan geladak akan mudah merusakkan barang itu sendiri.

#### 2.2.9.2 Operabilitas Bangunan Lepas Pantai

Karakteristik operabilitas dapat dilihat dengan membandingkan harga-harga dalam grafik yang menghubungkan harga stokastik gerakan dan tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dengan kriteria *seakeeping* yang telah ditetapkan. Pertimbangan kriteria harus dilakukan secara inklusif, artinya untuk suatu mode kerja bila mana satu saja kriteria terlampaui maka pada tahap tersebutlah batasan operasi ditetapkan (Hariroh, 2008).

Operabilitas merupakan kemampuan untuk bekerja di suatu kondisi lingkungan dengan membandingkan waktu kerja dengan total waktu dan merupakan peluang bahwa pekerjaan dapat diselesaikan (*limited condition*). Pengukuran ini merupakan pengukuran produktivitas system bangunan lepas pantai dengan hanya melihat cuaca sehingga bias dilakukan perbandingan dari system yang berbeda (Soedjono, 1998).

$$OPERABILITY = \frac{TOH - WOW}{TOH} \times 100\% \quad (2.19)$$

atau,

$$OPERABILITY = 100 - WOW\% \quad (2.20)$$

Dengan,

TOH = Time on Hire

WOW = Waiting on Weather



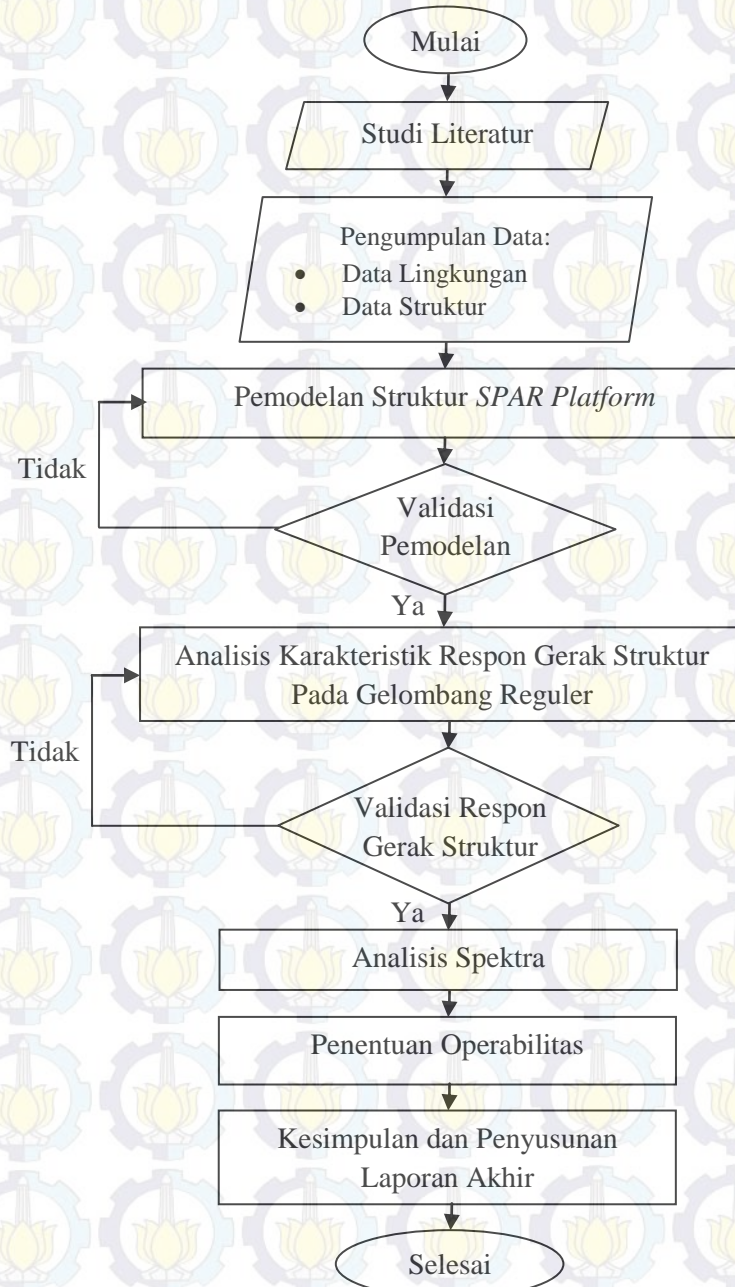
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian dilakukan dengan berbagai tahapan dan prosedur.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat diagram alir berikut :



**Gambar 3.1** Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir



### 3.2 Prosedur Penelitian

Berikut ini penjelasan dari diagram alir pengerjaan Tugas Akhir yang dilakukan:

#### 1. Studi Literatur

Pada tahapan ini akan dilakukan studi literatur, yaitu pengumpulan publikasi ilmiah dari literatur terbuka yang relevan yang dapat dijadikan acuan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, literatur yang di kumpulkan mengacu pada penelitian-penelitian, maupun jurnal terdahulu yang pernah membahas hal serupa.

#### 2. Pengumpulan Data

Pada tahapan ini, akan dilakukan pengumpulan data-data utama struktur SPAR Platform, data lingkungan seperti gelombang, arus dan angin untuk pengerjaan tugas akhir ini. Data yang digunakan adalah sebagai berikut:

##### 2.1 Data Struktur

Data struktur yang digunakan untuk penelitian Tugas Akhir ini adalah data struktur SPAR Platform tipe Truss SPAR yang mengacu pada data ukuran utama Horn Mountain SPAR dengan data sebagai berikut:

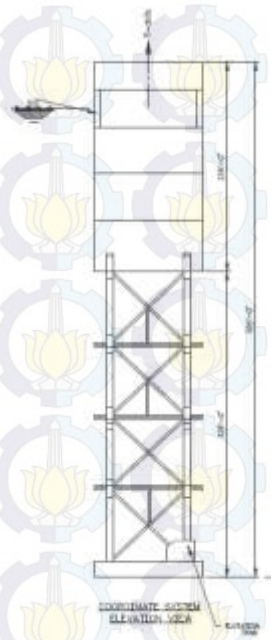
**Tabel 3.1** Ukuran Utama Struktur SPAR Horn Mountain (Kim, 2012)

Deskripsi	Satuan	SPAR
Kedalaman air	m	1021
Diameter <i>Hard Tank</i>	m	32.3
Sarat <i>Hard Tank</i>	m	53.62
Tinggi <i>Hard Tank</i>	m	68.88
Tinggi Total Struktur SPAR	m	169.2
Sarat Struktur SPAR	m	153.9
<i>Centerwell</i>	m	15.8 x 15.8
Jumlah <i>Mooring Line</i>	Buah	8

**Tabel 3.2** Data Hidrostatik Struktur SPAR Horn Mountain (Kim, 2012)

Deskripsi	Satuan	SPAR
KG	m	102.1
KB	m	103.3
Berat Struktur	kN	507010
Displasemen	kN	55307
<i>Water Plane Area</i>	m <sup>2</sup>	819.4
<i>Roll Gyradius</i>	m	61.0
<i>Pitch Gyradius</i>	m	61.0
<i>Yaw Gyradius</i>	m	12.5

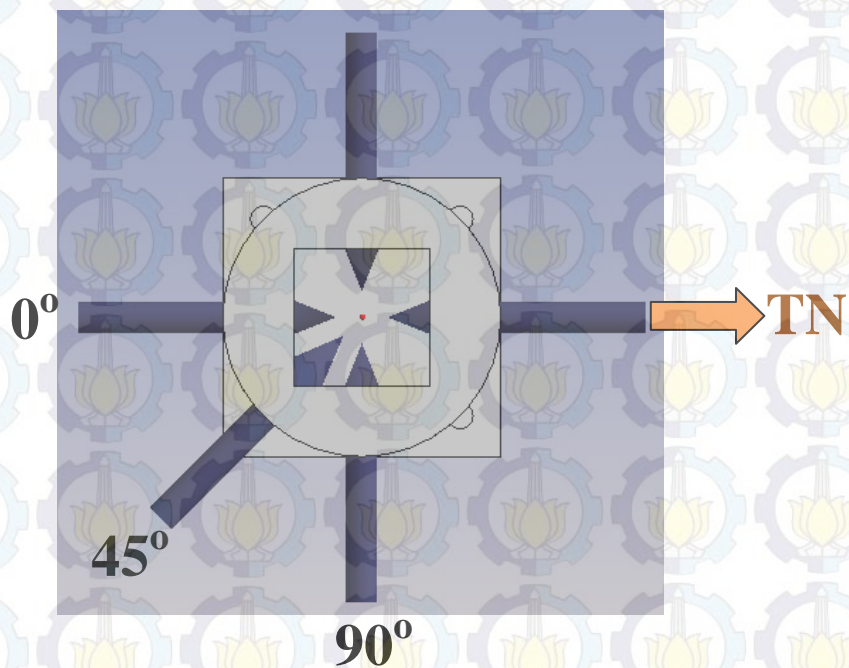




**Gambar 3.2** Horn Mountain SPAR Platform (Kim, 2012)

**Tabel 3.3** Data Karakteristik Tali Tambat Struktur SPAR Horn Mountain (Kim, 2012)

Deskripsi	Satuan	Nilai
Diameter	m	0.53
Panjang	m	1005
Stiffness (AE/I)	kN/m	84000



**Gambar 3.3** Heading Arah Pembebanan Saat Kondisi Tertambat



## 2.2 Data Lingkungan

Data lingkungan adalah data dimana struktur acuan beroperasi. Dalam penelitian Tugas Akhir ini digunakan data lingkungan untuk daerah Selat Makassar.

### 1. Data Arus

**Tabel 3.4** Data Kecepatan Arus di Selat Makassar

	1-Tahunan	100-Tahunan
Kecepatan Arus Permukaan (m/s)	0,94	1,31
Kecepatan Arus Dasar (m/s)	0,5	0,6

### 2. Data Angin

**Tabel 3.5** Data Kecepatan Angin di Selat Makassar

	0°	45°	90°
<u>1-Tahunan</u> Kecepatan Angin (m/s)	14,7	12,9	12,5
<u>100-Tahunan</u> Kecepatan Angin (m/s)	21,2	18,7	18,0

### 3. Data Gelombang

**Tabel 3.6** Data Distribusi Gelombang di Selat Makassar

All Year		Sea Wave Direction								
Hs (m)	Tp (s)	N	NEE	E	SE	S	SW	W	NW	All Sea
< 0.15	3.05	0.19	0.6	0.41	0.34	0.33	0.38	0.22	0.07	2.54
0.15 – 0.30	3.35	1.55	5.27	3.83	3.47	4.61	5.60	2.02	0.90	27.25
0.30 – 0.45	3.73	2.04	5.19	2.72	1.68	3.21	4.38	0.97	0.57	20.76
0.45 – 0.60	3.93	2.23	4.28	1.96	0.70	1.68	2.44	0.4	0.35	14.04
0.60 – 0.75	4.24	2.36	4.17	1.69	0.29	0.53	0.79	0.18	0.14	10.15
0.75 – 0.90	4.58	2.15	3.47	1.35	0.11	0.13	0.19	0.08	0.06	7.53
0.90 – 1.05	4.77	1.96	2.90	1.19	0.05	0.02	0.02	0.03	0.02	6.18
1.05 – 1.20	4.90	0.98	1.39	0.59	0.01	0	0	0.01	0	2.98
1.20 – 1.35	5.38	0.62	0.84	0.38	0.01	0	0	0	0	1.85
1.35 – 1.50	5.56	0.13	0.18	0.08	0	0	0	0	0	0.39
1.50 – 1.65	6.05	0.05	0.06	0.03	0.01	0.01	0.01	0	0	0.19
1.65 – 1.80	6.35	0.02	0.04	0.01	0	0	0	0	0	0.07
1.80 – 1.95		0	0	0	0	0	0	0	0	0
> 1.95		0	0	0	0	0	0	0	0	0
		14.27	28.38	14.25	6.68	10.52	13.81	3.91	2.12	93.93



### 3. Pemodelan Struktur dan Validasi

Pada tahapan ini akan dilakukan pemodelan struktur, yaitu mentransformasikan bentuk riil struktur menjadi bentuk 3 dimensi yang sesuai dengan data yang ada. Pemodelan dilakukan dengan *software ANSYS*, yaitu pemodelan struktur dan pemodelan untuk analisa beban dinamis yang bekerja pada *hull* dengan *software ANSYS AQWA*. Setelah tahap pemodelan, selanjutnya dilakukan validasi nilai-nilai hidrostatik antara hasil luaran komputasi *software* dengan data-data yang telah dikumpulkan. Jika model tidak valid maka model akan didesain ulang hingga menyerupai bentuk asli dengan batas *error* yang di izinkan sebesar 2% untuk displacement dan 1% untuk parameter lainnya berdasar ABS. Tujuan dari validasi adalah untuk mengetahui apakah model yang digunakan sesuai atau tidak untuk dianalisis.

### 4. Analisis Respon Gerak Struktur

Pada tahap ini akan dihitung respon gerakan pada 6 derajat kebebasan struktur pada gelombang reguler. Hasil dari tahap ini adalah RAO (*Response Amplitude Operator*) pada enam derajat kebebasan yaitu *Heave, Pitch, Roll, Yaw, Sway* dan *Surge* yang akan di tampilkan dalam bentuk diagram *transfer function*.

### 5. Validasi Respon Gerak Struktur

Pada tahap ini dilakukan validasi terhadap periode natural struktur SPAR antara hasil luaran komputasi menggunakan *software ANSYS Aqwa* dengan code yang berlaku. Adapun perhitungan dari periode natural struktur dapat juga diperoleh dengan:

$$T_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ atau } T_n = 2\pi \times f_n \quad (3.1)$$

Dengan,

$T_n$  = Periode Natural Struktur (s)

$k$  = Kekakuan Struktur

$m$  = Massa Struktur (N)

$f_n$  = Frekuensi Natural Struktur (rad/sec)



Validasi periode natural struktur mengacu pada DNV OS-C106 yang menyebutkan karakteristik periode natural dari struktur DDF (*Deep Draught Floating*). DDF/SPAR unit secara tipikal mengalami periode natural sebesar berikut (DNV OS-C106):

- Surge/Sway = 120 – 300 s
- Heave = 20 – 35 s
- Roll/Pitch = 50 – 90 s

Sedangkan pada DNV RP-F205 juga menyatakan karakteristik periode natural dari beberapa struktur terapung seperti yang ditunjukkan pada table 3.5 berikut:

**Tabel 3.7** Tipe *Natural Periods* Dari *Deep Water Floaters* (DNV-F205)

Floater Mode	Natural Periods (seconds)			
	FPSO	Spar	TLP	Semi
Surge	>100	>100	>100	>100
Heave	5 – 12	20 – 35	<5	20 – 50
Roll	5 – 30	50 – 90	<5	30 – 60

Pada struktur SPAR dikategorikan dalam DDF sehingga melihat dari karakteristik tersebut ketiga motion yang dimodelkan dan mengacu pada karakteristik periode natural model dapat di variasikan dan dapat dianalisa dinamis.

## 6. Analisis Spektra Respon Struktur

Pada tahap ini akan dilakukan pemilihan formulasi spektra gelombang yang sesuai dengan perairan di mana struktur secara hipotesis akan dioperasikan.

Formulasi spektra yang ada biasanya diklasifikasikan ke dalam tiga jenis, yakni untuk perairan terbuka, perairan tertutup atau kepulauan, serta perairan pantai.

Pada penelitian tugas akhir ini, penetapan daerah operasi struktur terletak di Selat Makassar, dimana perairan tersebut termasuk ke dalam perairan kepulauan. Oleh karena itu, analisis spektra yang sesuai adalah formulasi spektra JONSWAP.

Analisis spektra, seperti telah dijelaskan sebelumnya, akan mengkorelasikan antara *RAO* dengan spektra gelombang, yang akan menghasilkan spektra respons



( $S_r$ ). Berdasarkan spektra respons ini, akan dapat ditentukan harga-harga statistik gerakan, misalnya harga rata-rata, harga signifikan, ataupun harga-harga ekstrem, sesuai dengan keperluan

## **7. Penentuan Operabilitas**

Jenis harga-harga statistik yang diperoleh untuk masing-masing moda gerakan adalah disesuaikan dengan kriteria operasi yang dipakai sebagai acuan atau batasan. Dengan membandingkan antara kenaikan intensitas gerakan sebagai fungsi kenaikan tinggi gelombang (signifikan), dengan batasan kriteria, maka akan dapat ditentukan sampai ketinggian gelombang mana struktur masih mampu dioperasikan untuk memenuhi fungsinya. Jika batasan tinggi gelombang diproyeksikan ke dalam data sebaran gelombang, maka akan dapat dihitung persentase dari keseluruhan kejadian gelombang di mana struktur masih mampu beroperasi memenuhi fungsinya. Persentase inilah yang dijadikan ukuran tingkat kualitas kinerja anjungan.

## **8. Kesimpulan**

Seluruh rangkaian kegiatan di atas akan dilaporkan dalam bentuk sebuah laporan akhir. Laporan akhir berisi penjelasan pelaksanaan kegiatan penelitian dan pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan. Berhasil atau tidaknya penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada kesimpulan laporan akhir ini.

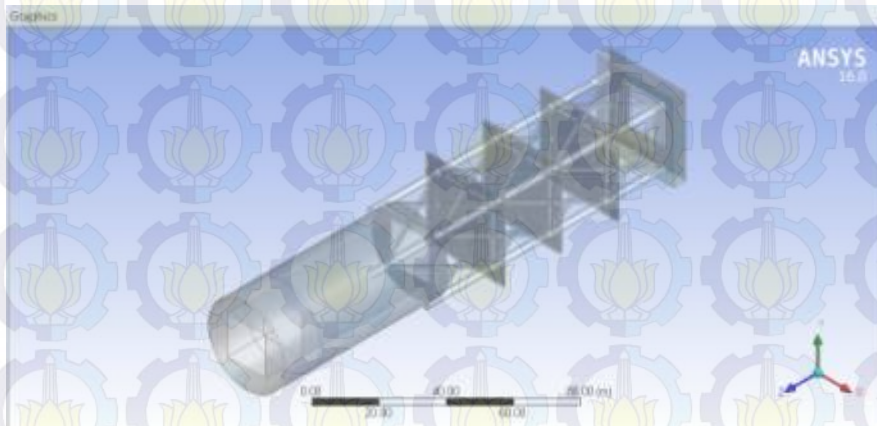


## BAB IV

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 1.1 Pemodelan Struktur Horn Mountain SPAR Platform

Pemodelan struktur yaitu mentransformasikan bentuk real struktur menjadi bentuk 3 dimensi yang sesuai dengan data acuan. Pemodelan awal struktur dilakukan dengan *software* Ansys *Design Modeler*. Struktur SPAR Horn Mountain digunakan sebagai acuan dalam penentuan ukuran dan konfigurasi pada penelitian Tugas Akhir ini. Pemodelan ini diawali dengan memodelkan struktur SPAR Horn Mountain sesuai dengan data struktur yang telah ada pada kondisi terpaung bebas (*free floating*).



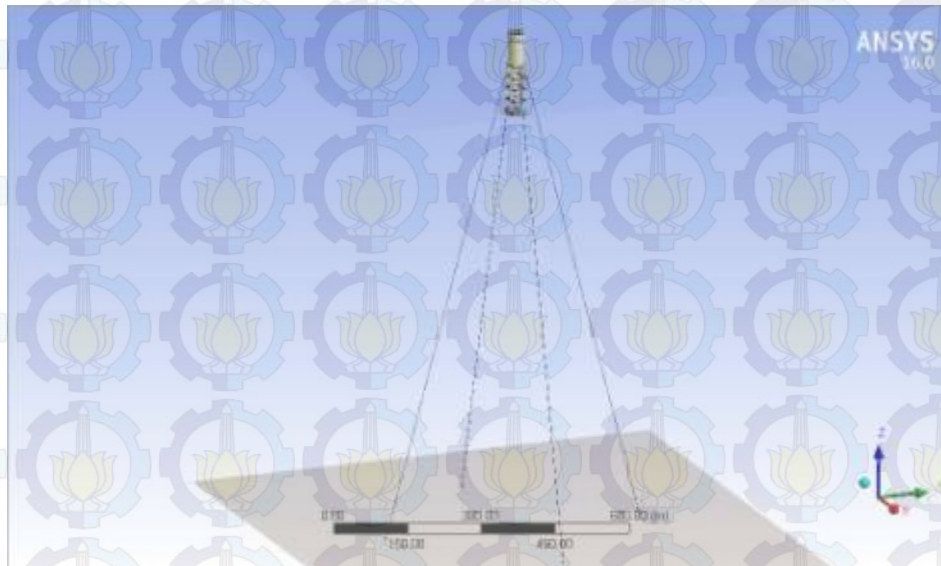
**Gambar 4.1** Pemodelan Geometri SPAR Menggunakan *Software* ANSYS *Design Modeler*.



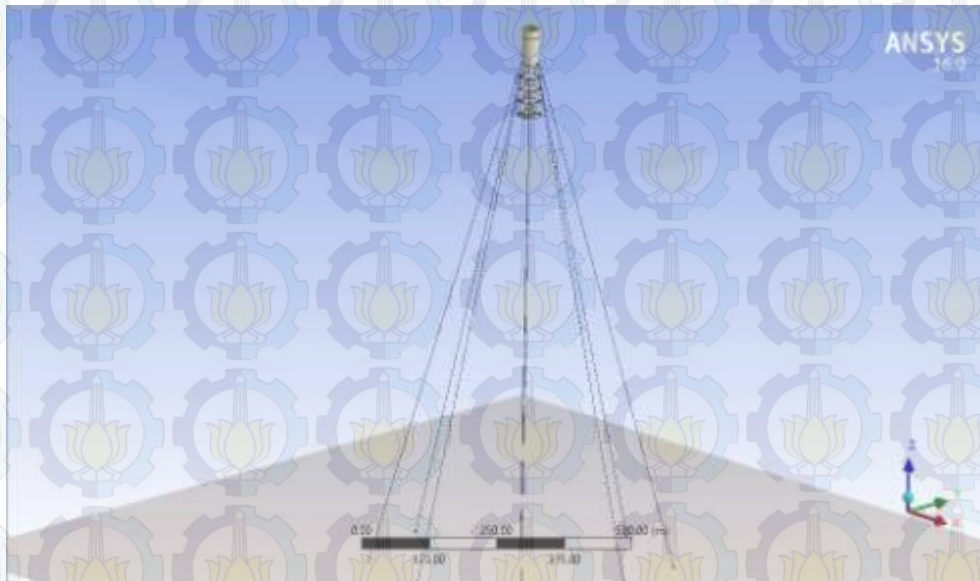
**Gambar 4.2** Model Geometri SPAR Pada Kondisi *Free Floating* di *Software* ANSYS *Aqwa*



Setelah memodelkan struktur SPAR dalam kondisi *free floating*, selanjutnya memodelkan sistem tambat struktur SPAR pada *software* ANSYS Aqwa dengan system tambat taut. Dalam Tugas Akhir ini dilakukan variasi terhadap jumlah *mooring line* yang dipasang pada struktur SPAR. Tali tambat yang digunakan adalah sebanyak 4, 8, dan 12 buah. Hasil dari pemodelan ini dapat dilihat seperti dalam gambar di bawah ini:

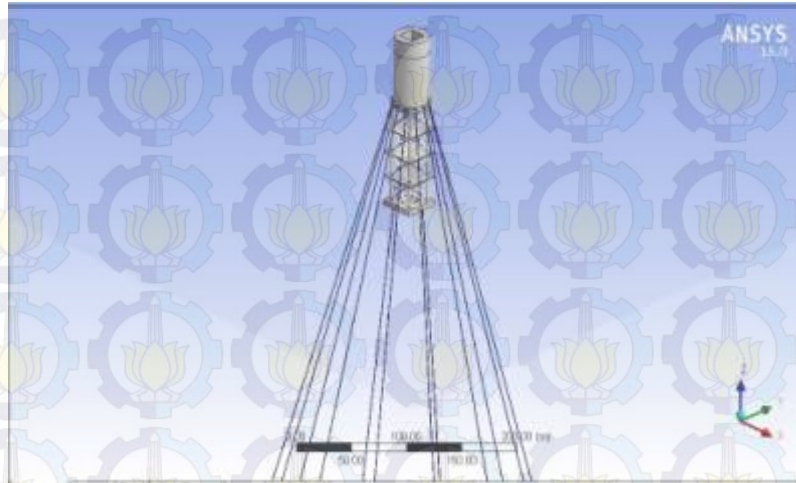


**Gambar 4.3** Model Geometri SPAR dengan Sistem 4 Tali Tambat di *Software* ANSYS Aqwa



**Gambar 4.4** Model Geometri SPAR dengan Sistem 8 Tali Tambat di *Software* ANSYS Aqwa





**Gambar 4.5** Model Geometri SPAR dengan Sistem 12 Tali Tambat di *Software ANSYS*

*Aqwa*

## 1.2 Validasi Struktur Horn Mountain SPAR Platform

Model struktur yang sudah dimodelkan diperiksa kesesuaiannya dengan data struktur yang sesuai. Model yang sudah dibuat di ANSYS AQWA selanjutnya divalidasi dengan data pada jurnal dan hasil analisis struktur Horn Mountain SPAR sebelumnya yang berupa: Volumetric displacement, COG, COB serta sarat. Kriteria validasi yang digunakan mengacu pada ABS dimana untuk validasi displacement bernilai maksimum 2% dan untuk ketentuan lainnya bernilai maksimum 1%.

**Tabel 4.1** Perbandingan Hasil Pemodelan Struktur SPAR dengan Data

	SPAR (Ansys)	SPAR (Data)	Unit	Koreksi (%)
Volumetric Displacement	<b>49456.924</b>	50422.416	m <sup>3</sup>	1.92
COG Z	<b>-51.8</b>	-51.8	m	0.0
COB Z	<b>-51.023</b>	-50.6	m	0.82
Sarat	<b>153.9</b>	153.9	m	0.0

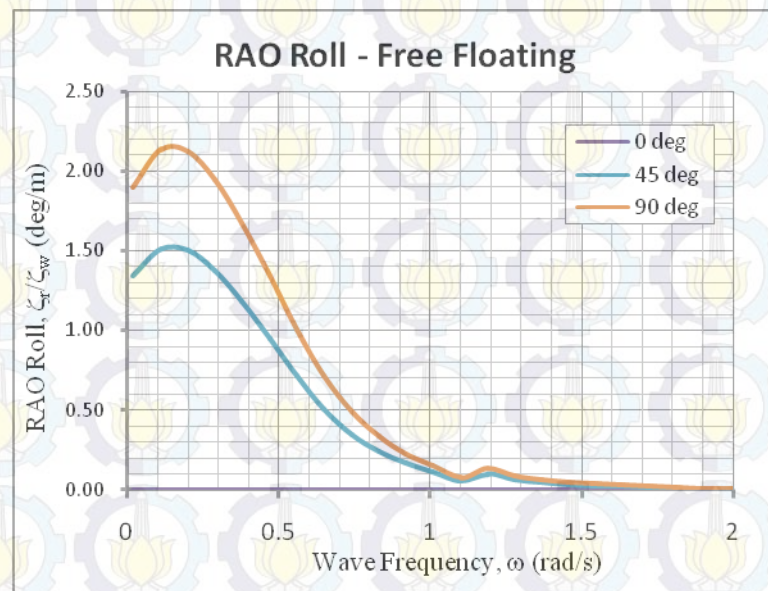
## 1.3 Analisa Respon Gerak Struktur Pada Gelombang Reguler

Setelah tahap pemodelan dan validasi, tahap selanjutnya adalah analisa respon gerak struktur kondisi *free floating* pada gelombang reguler. Hasil dari tahap ini adalah RAO (*Response Amplitude Operator*) pada enam derajat kebebasan yaitu *Heave*, *Pitch*, *Roll*, *Yaw*, *Sway* dan *Surge* yang akan di tampilkan dalam bentuk diagram *transfer function* dalam kondisi *free floating* dan tertambat.

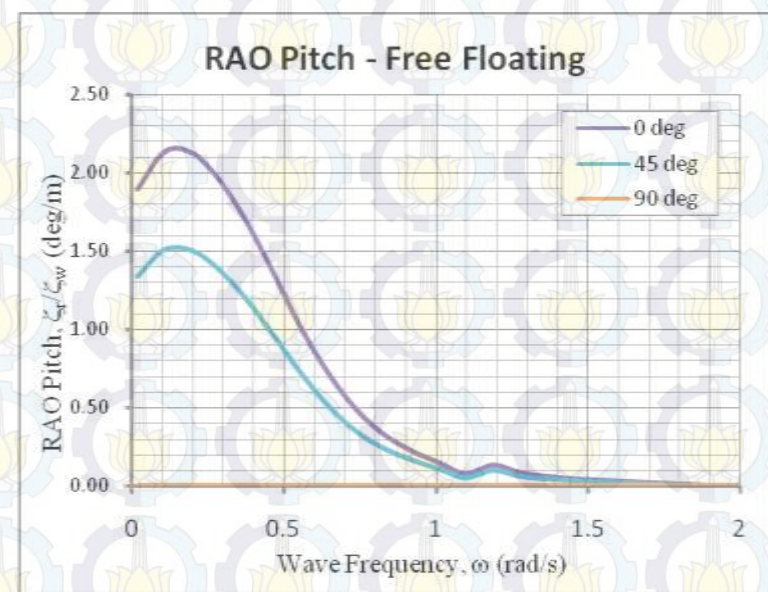


Grafik fungsi transfer/RAO akan disajikan dengan absis sumbu-x berupa wave frequency (rad/s) dan sumbu-y berupa besar RAO (m/m) untuk gerakan translasional dan (deg/m) untuk gerakan rotasional. Analisa respon gerak struktur ini dilakukan dengan software ANSYS AQWA dengan *heading* 0°, 45° dan 90°. Berikut ini hasil RAO SPAR Horn Mountain untuk tiap *heading* yang disajikan dalam tabel dan grafik.

### 1.3.1 Analisa Respon Gerak Struktur di Gelombang Reguler pada Kondisi *Free Floating*.

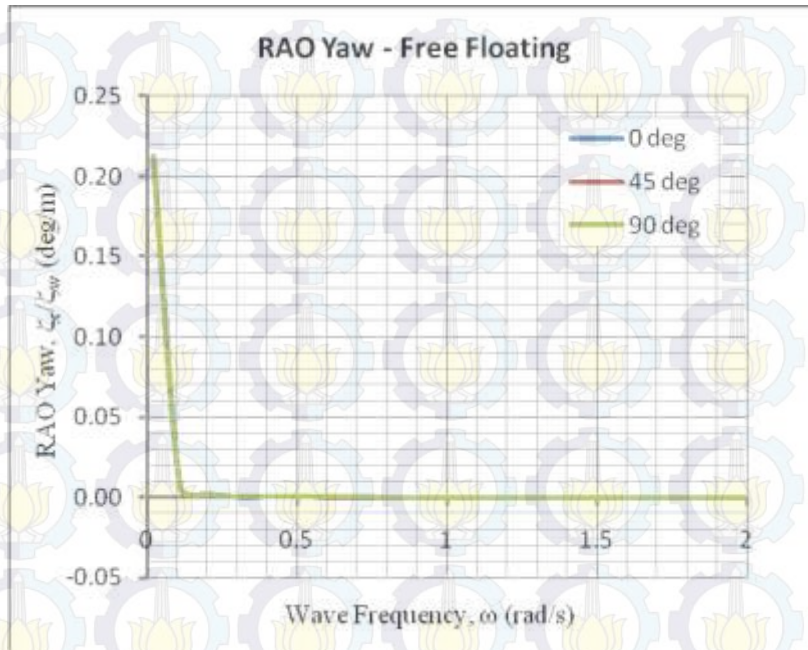


Gambar 4.6 Grafik RAO Gerakan *Roll* pada Kondisi *Free Floating*

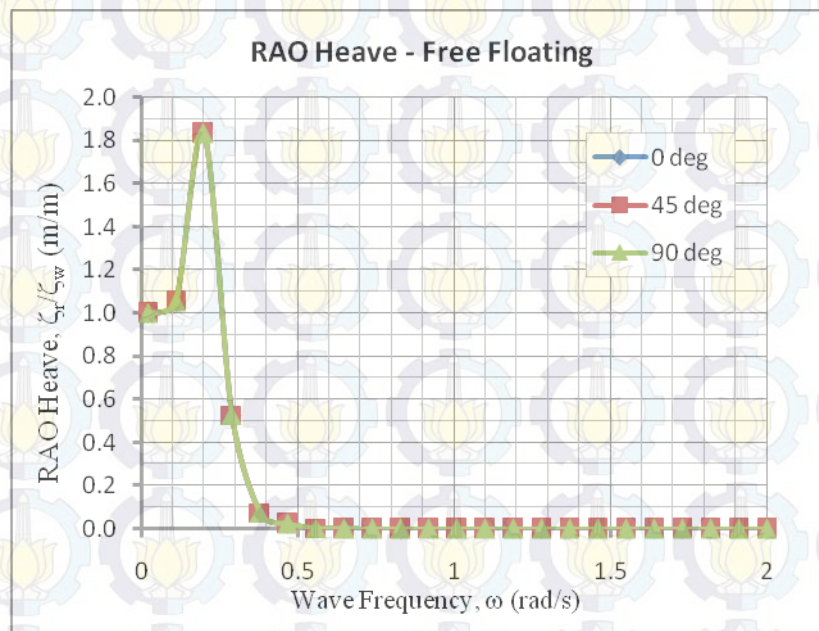


Gambar 4.7 Grafik RAO Gerakan *Pitch* pada Kondisi *Free Floating*



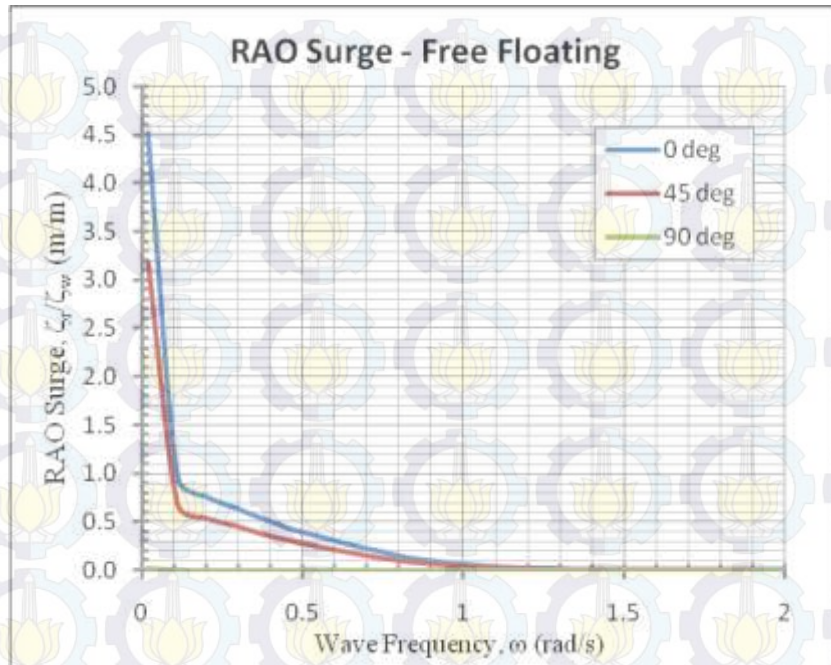


**Gambar 4.8** Grafik RAO Gerakan *Yaw* pada Kondisi *Free Floating*

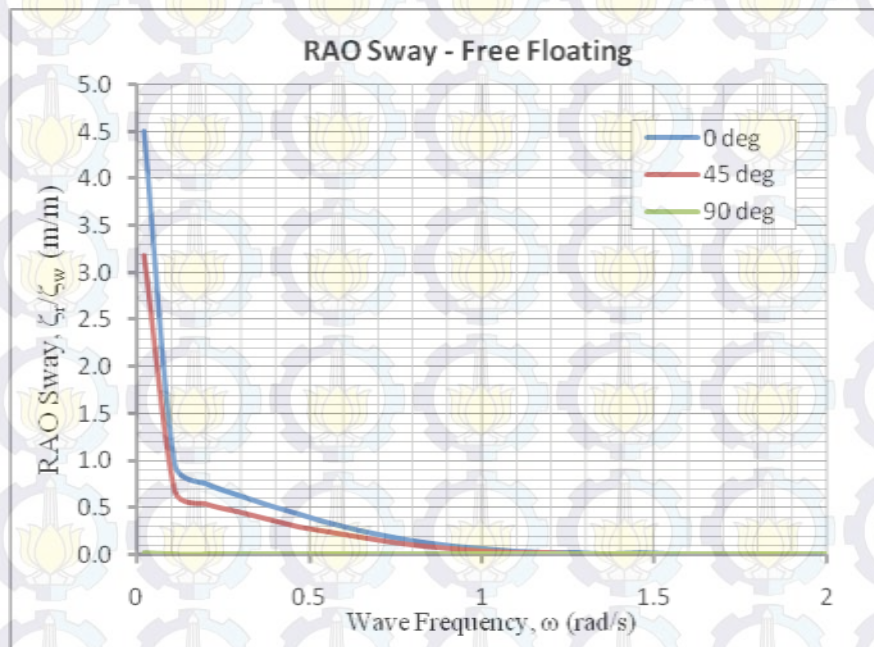


**Gambar 4.9** Grafik RAO Gerakan *Heave* pada Kondisi *Free Floating*





**Gambar 4.10** Grafik RAO Gerakan *Surge* pada Kondisi *Free Floating*



**Gambar 4.11** Grafik RAO Gerakan *Sway* pada Kondisi *Free Floating*

Berdasarkan grafik RAO untuk kondisi *free floating* yang disajikan pada Gambar 4.6 sampai dengan Gambar 4.11, maka dapat kita simpulkan untuk nilai maksimum RAO pada kondisi *free floating* di tiap gerakan dengan menggunakan tabel dibawah ini:



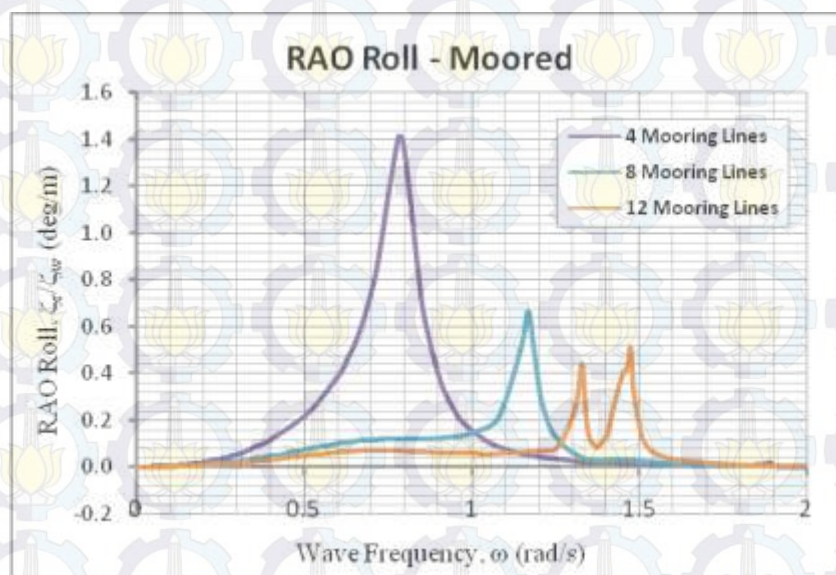
**Tabel 4.2** Nilai Maksimum RAO Di Tiap Gerakan pada Kondisi *Free Floating*

Moda Gerakan	Unit	Frekuensi (rad/s)	RAO Maksimum		
			0 deg	45 deg	90 deg
<i>Surge</i>	m/m	0.02	4.511	3.1895	0.0251
<i>Sway</i>	m/m	0.02	0.0229	3.1897	4.511
<i>Heave</i>	m/m	0.2	1.833	1.833	1.833
<i>Roll</i>	deg/m	0.11	0.0011	1.5099	2.136
<i>Pitch</i>	deg/m	0.11	2.135	1.5095	0.0006
<i>Yaw</i>	deg/m	0.02	0.2121	0.2122	0.2122

Analisa respon struktur SPAR pada kondisi *free floating* ini dilakukan **hanya untuk membandingkan** dengan hasil analisa respon pada kondisi tertambat.

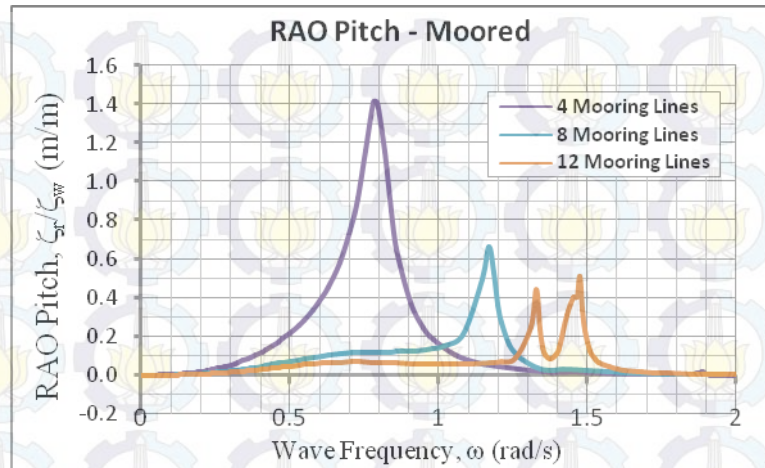
### 1.3.2 Analisa Respon Gerak Struktur di Gelombang Reguler pada Kondisi Tertambat.

Analisis selanjutnya yaitu analisis gerakan pada kondisi tertambat dimana struktur SPAR ditambatkan dengan model *taut mooring system* dengan variasi jumlah *mooring lines* sebanyak 4, 8 dan 12 tali tambat dengan arah pembebanan gelombang *following seas* ( $0^0$ ), *quartering seas* ( $45^0$ ) dan *beam seas* ( $90^0$ ). Seperti pada kondisi terapung bebas, RAO yang dihasilkan akan dijelaskan dalam gerakan enam derajat kebebasan (*six degree of freedom*) yaitu *surge*, *sway*, *heave*, *roll*, *pitch* dan *yaw*.

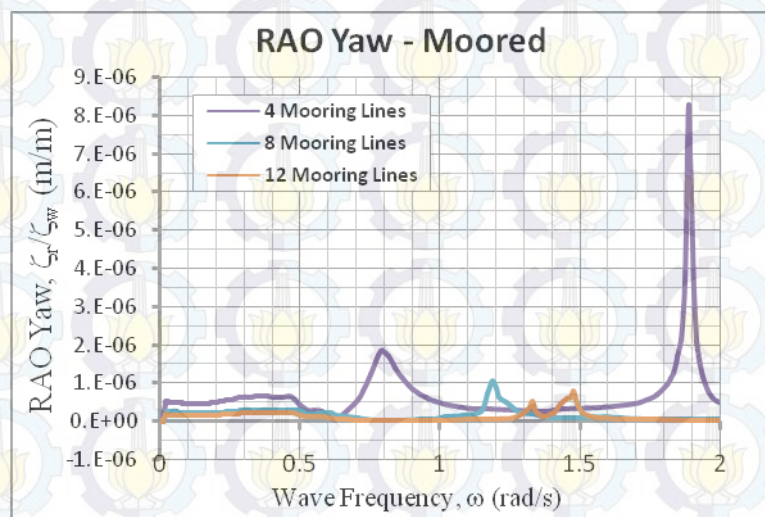


**Gambar 4.12** Grafik RAO Gerakan *Roll* dengan Variasi Jumlah Tali Tambat

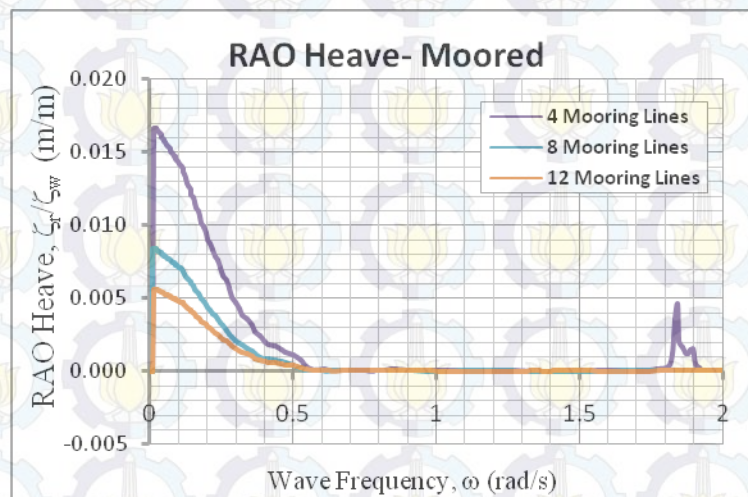




**Gambar 4.13** Grafik RAO Gerakan *Pitch* dengan Variasi Jumlah Tali Tambat

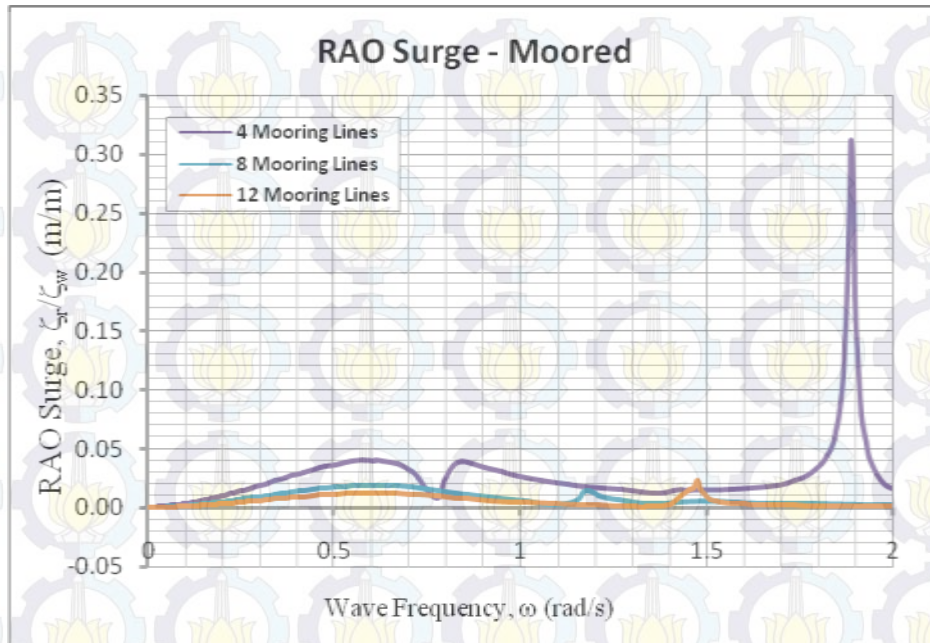


**Gambar 4.14** Grafik RAO Gerakan *Yaw* dengan Variasi Jumlah Tali Tambat

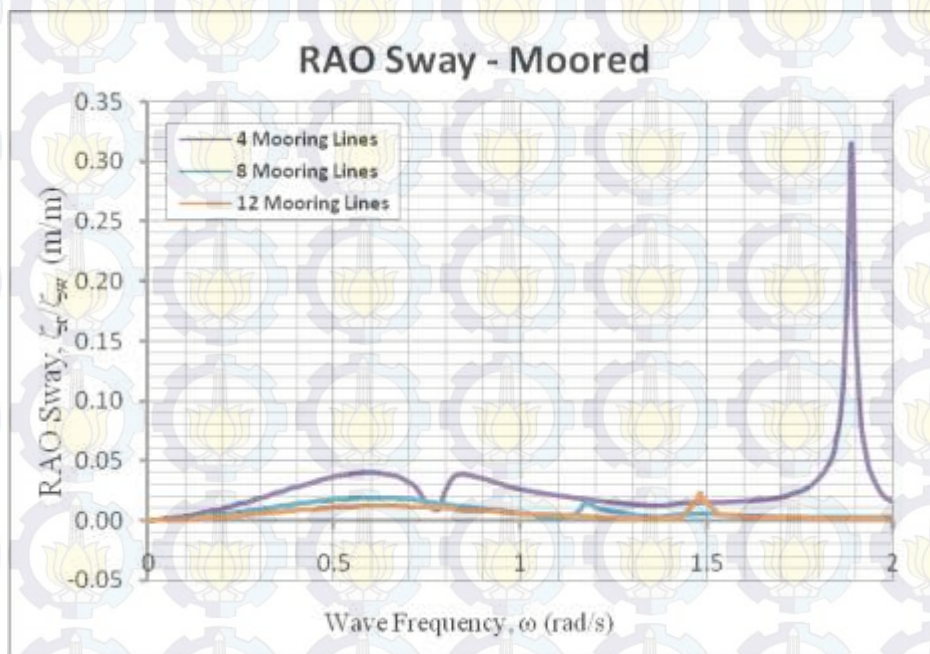


**Gambar 4.15** Grafik RAO Gerakan *Heave* dengan Variasi Jumlah Tali Tambat





**Gambar 4.16** Grafik RAO Gerakan *Surge* dengan Variasi Jumlah Tali Tambat



**Gambar 4.17** Grafik RAO Gerakan *Sway* dengan Variasi Jumlah Tali Tambat

Berdasarkan grafik RAO untuk kondisi *free floating* yang disajikan pada Gambar 4.10 sampai dengan Gambar 4.15, maka dapat kita simpulkan untuk nilai maksimum RAO pada kondisi *free floating* di tiap variasi jumlah tali tambat dengan menggunakan tabel dibawah ini:



**Tabel 4.3** Nilai Maksimum RAO di Tiap Gerakan dengan Sistem 4 Tali Tambat

Moda Gerakan	Unit	Frekuensi (rad/s)	RAO Maksimum		
			0 deg	45 deg	90 deg
<i>Surge</i>	m/m	1.888	0.31157	0.22165	0.00241
<i>Sway</i>	m/m	1.888	0.00310	0.22330	0.3147
<i>Heave</i>	m/m	0.0112	0.01664	0.01664	0.01664
<i>Roll</i>	deg/m	0.781	0.00111	0.99914	1.4106
<i>Pitch</i>	deg/m	0.781	1.40821	0.99742	0.00097
<i>Yaw</i>	deg/m	1.888	9.43E-07	6.48E-06	8.29E-06

**Tabel 4.4** Nilai Maksimum RAO di Tiap Gerakan dengan Sistem 8 Tali Tambat

Moda Gerakan	Unit	Frekuensi (rad/s)	RAO Maksimum		
			0 deg	45 deg	90 deg
<i>Surge</i>	m/m	0.57798	0.01898	0.01342	0.000025
<i>Sway</i>	m/m	0.57798	0.00003	0.01342	0.018975
<i>Heave</i>	m/m	0.01115	0.00839	0.00839	0.00839
<i>Roll</i>	deg/m	1.17117	0.0013	0.48285	0.66158
<i>Pitch</i>	deg/m	1.17117	0.66213	0.48338	0.001
<i>Yaw</i>	deg/m	1.17117	0.0000005	0.000001	0.0000009

**Tabel 4.5** Nilai Maksimum RAO di Tiap Gerakan dengan Sistem 12 Tali Tambat

Moda Gerakan	Unit	Frekuensi (rad/s)	RAO Maksimum		
			0 deg	45 deg	90 deg
<i>Surge</i>	m/m	1.4747	0.02322	0.01683	0.00006
<i>Sway</i>	m/m	1.4747	0.00009	0.0187	0.023317
<i>Heave</i>	m/m	0.0112	0.00561	0.00561	0.00561
<i>Roll</i>	deg/m	1.4747	0.00194	0.36889	0.5107
<i>Pitch</i>	deg/m	1.4747	0.51080	0.37025	0.00144
<i>Yaw</i>	deg/m	1.4747	4.18E-07	8.85E-07	7.984E-07

Dari tabel 4.4 – 4.6 di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai RAO maksimum untuk struktur SPAR dengan sistem tambat 4 tali adalah pada gerakan *sway* sebesar 0.3147 m/m pada frekuensi 1.888 rad/s untuk gerakan translasional. Sedangkan untuk gerakan rotasionalnya, nilai RAO maksimum berada pada gerakan *roll* dengan respon sebesar 1.4106 deg/m yang terjadi pada frekuensi 0.781 rad/s.

Untuk struktur SPAR dengan sistem tambat 8 tali, nilai RAO maksimum untuk gerakan translasionalnya adalah pada gerakan *surge* dan *sway* yang sama-



sama memiliki nilai respon gerak sebesar 0.01898 m/m pada frekuensi 0.578 rad/s. Sedangkan besar nilai respon gerak maksimum untuk gerakan rotasional terjadi pada gerakan *roll* dan *pitch* yang sama-sama bernilai 0.66 deg/m yang terjadi pada frekuensi 1.171 rad/s

Dan yang terakhir untuk struktur SPAR dengan system tambat 12 tali, nilai RAO maksimum untuk gerakan translasionalnya terjadi pada gerakan *surge* dan *sway* yang masing-masing bernilai relatif sama, yaitu sebesar 0.23 m/m pada frekuensi 1.475 rad/s. Untuk gerakan rotasional nya, nilai RAO maksimum terjadi pada gerakan *roll* dan *pitch* yang bernilai 0.51 deg/m yang terjadi pada frekuensi 1.475 rad/s.

Setelah didapatkan nilai RAO nya, selanjutnya adalah validasi respon gerak struktur menggunakan *code* DNV RP-F205 dan DNV OS-C105 yang terdapat karakteristik dari bangunan terapung dimana struktur SPAR termasuk dalam kategori struktur DDF (*Deep Draught Floaters*) dengan rincian sebagai berikut:

**Tabel 4.6** Validasi Periode Natural Struktur

Moda Gerakan	Unit	Periode Natural SPAR		
		DNV RP-F205	Model	Validasi
<i>Surge</i>	m/m	>100	314	<b>OK</b>
<i>Sway</i>	m/m	>100	314	<b>OK</b>
<i>Heave</i>	m/m	20 – 35	31.4	<b>OK</b>
<i>Roll</i>	deg/m	50 – 90	57.09	<b>OK</b>
<i>Pitch</i>	deg/m	50 – 90	57.09	<b>OK</b>
<i>Yaw</i>	deg/m	>100	314	<b>OK</b>

Dari tabel validasi diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa periode natural struktur SPAR yang dimodelkan sudah memenuhi standart DNV-F205, sehingga dapat dikatakan bahwa model yang dibuat telah valid untuk dianalisa lebih lanjut.

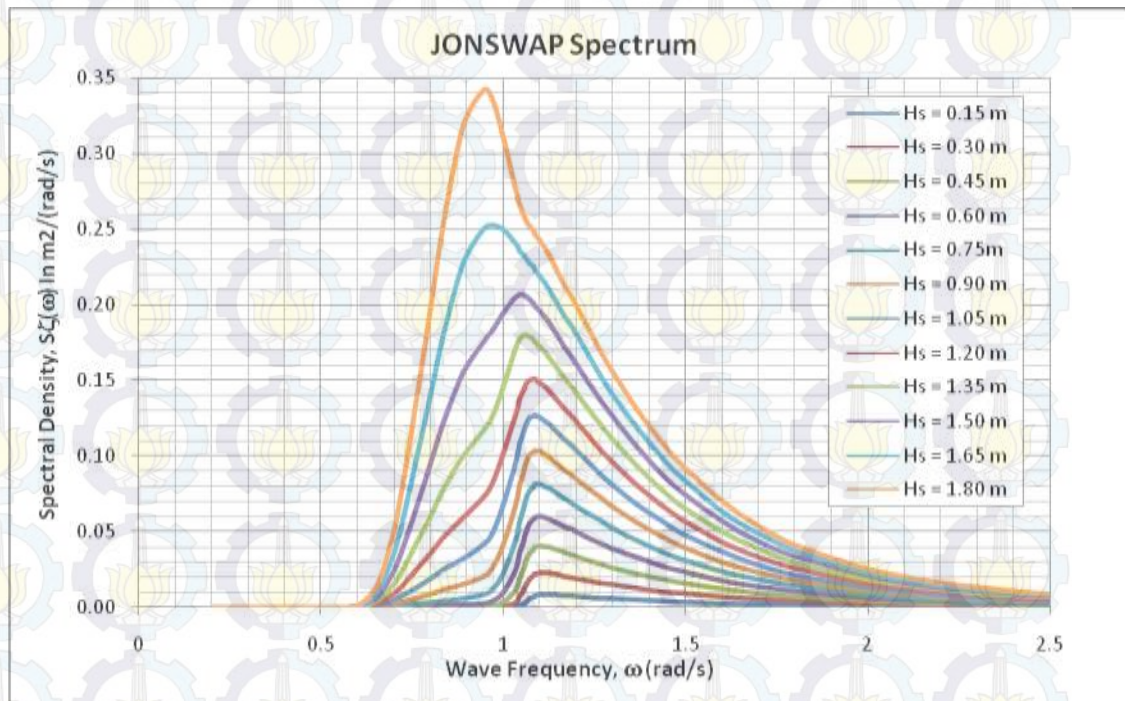
## 1.4 Analisis Respon Gerak Struktur Pada Gelombang Acak

### 1.4.1 Analisis Spektrum Gelombang

Dalam menentukan karakteristik perilaku gerakan struktur terapung pada gelombang acak atau irreguler maka diperlukan spektrum gelombang untuk mewakili kondisi real struktur beroperasi. Pemilihan spektrum gelombang untuk analisis respon gerak struktur SPAR pada gelombang acak (irreguler) adalah



berdasarkan kondisi real laut yang ditinjau. Dari beberapa jenis spektrum gelombang, yang digunakan dalam penelitian ini adalah Spektra Jonswap. Data yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah dengan menggunakan data sebaran gelombang di Selat Makassar. Berikut adalah grafik spectrum gelombang pada Selat Makassar:

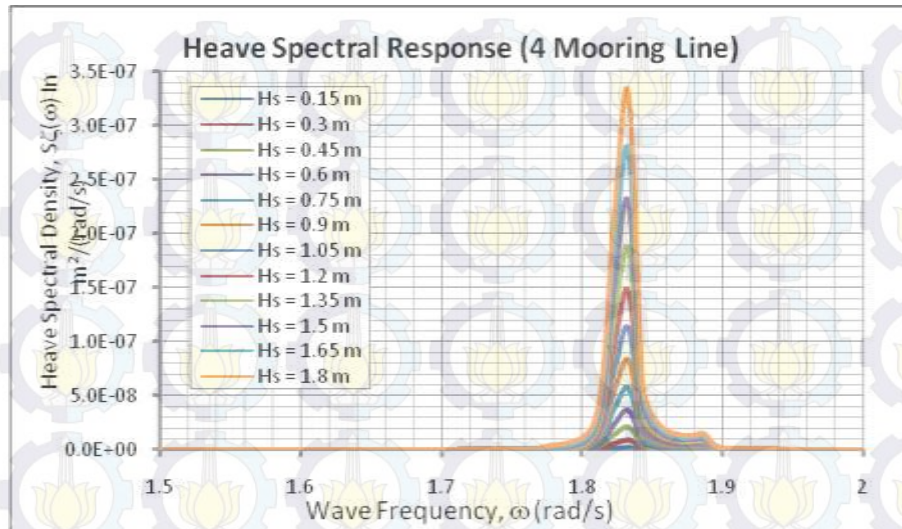


Gambar 4.18 Grafik Spektrum Jonswap

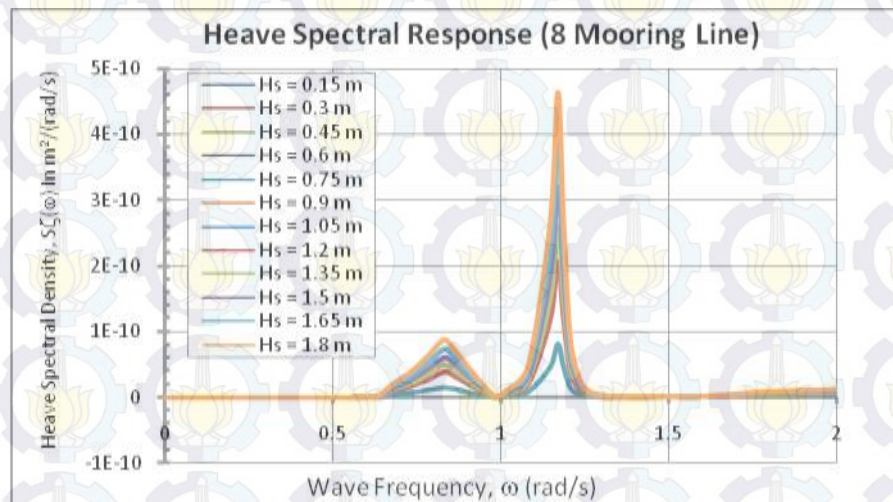
#### 1.4.2 Analisis Respon Spektra

Nilai respon spektra didapatkan dengan cara mengkalikan harga spektra gelombang dengan RAO kuadrat. RAO yang digunakan dalam analisis spectra ini adalah RAO pada arah pembebanan gelombang yang menghasilkan nilai paling ekstrim, yaitu RAO *heave*  $0^0$ , RAO *roll*  $90^0$  dan RAO *sway*  $90^0$ . Analisis respon spektra dilakukan untuk gerakan-gerakan yang menjadi batasan pada kriteria operasi, yaitu *heave*, *roll*, dan *sway*.

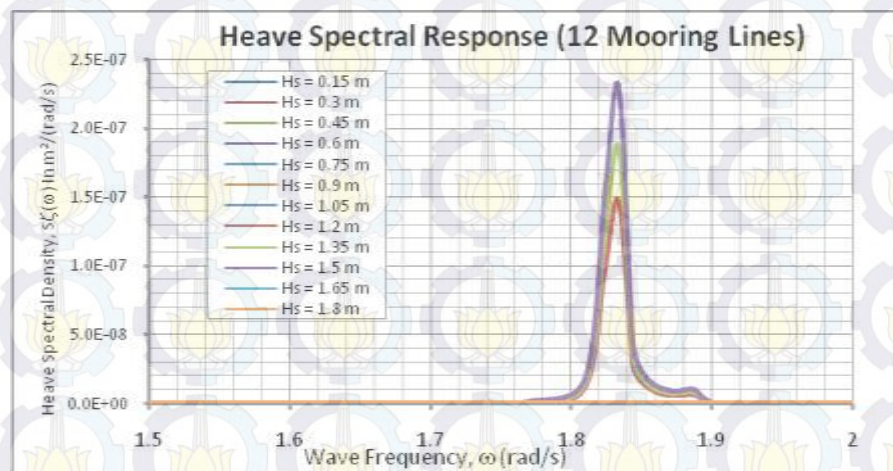




Gambar 4.19 Respon Spektra Gerakan *Heave* SPAR dengan Sistem 4 Tali Tambat

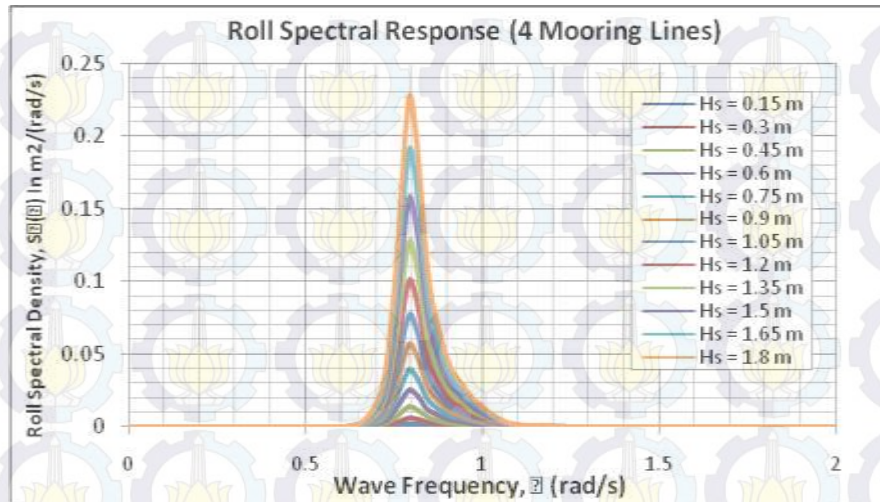


Gambar 4.20 Respon Spektra Gerakan *Heave* SPAR dengan Sistem 8 Tali Tambat

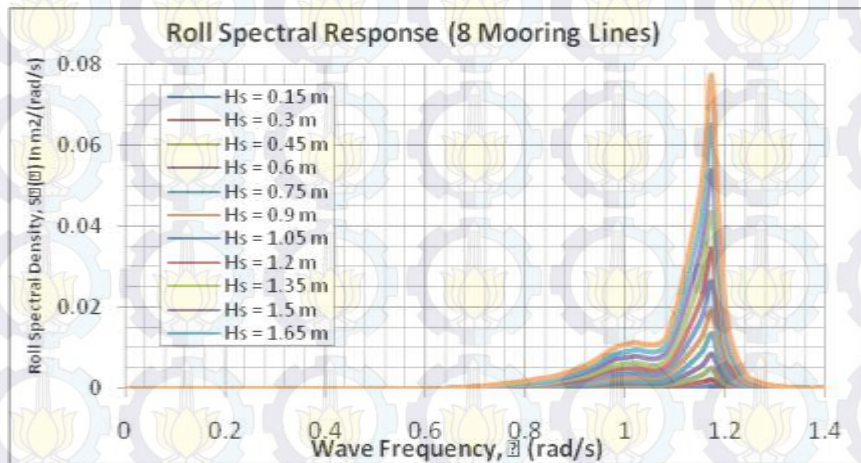


Gambar 4.21 Respon Spektra Gerakan *Heave* SPAR dengan Sistem 12 Tali Tambat

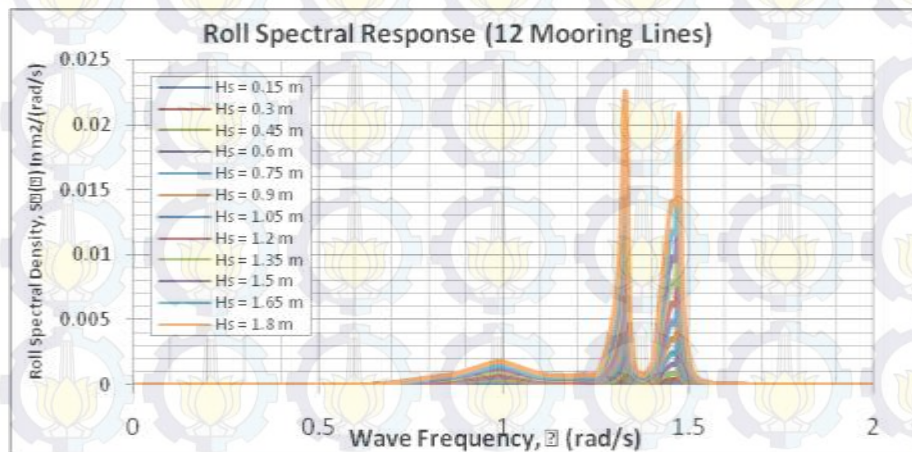




Gambar 4.22 Respon Spektra Gerakan *Roll* SPAR dengan Sistem 4 Tali Tambat

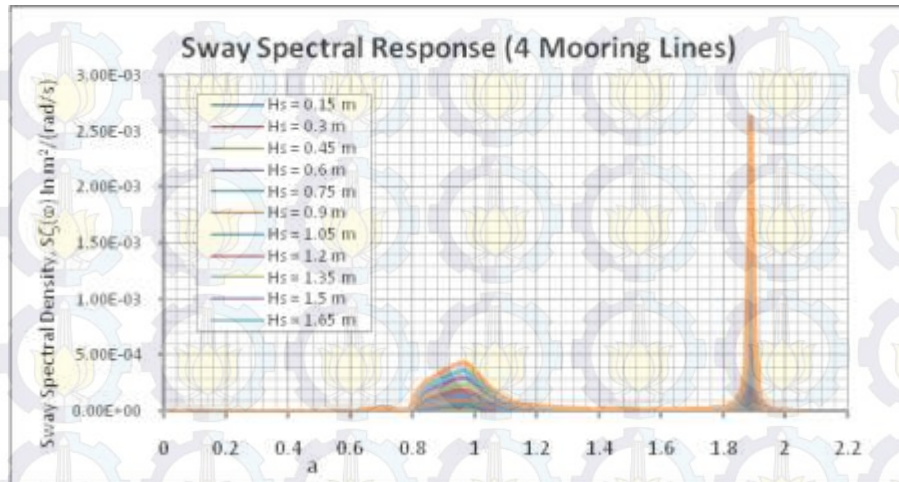


Gambar 4.23 Respon Spektra Gerakan *Roll* SPAR dengan Sistem 8 Tali Tambat

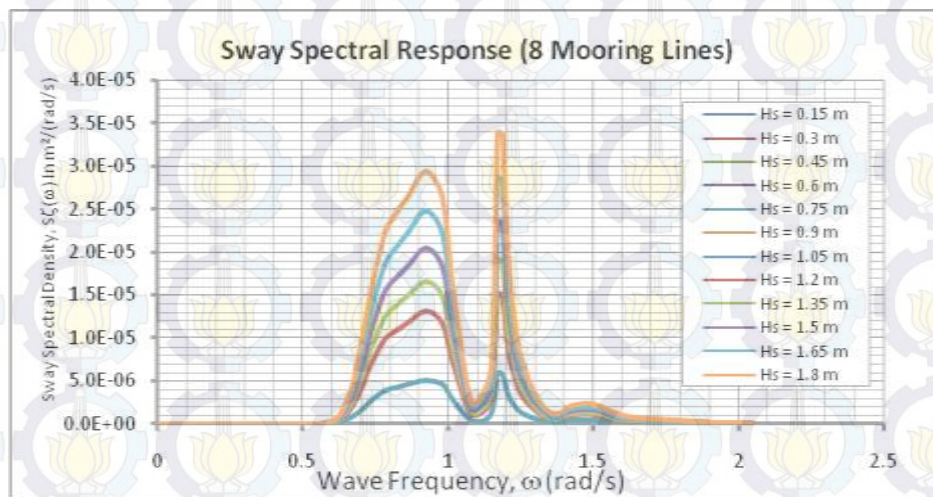


Gambar 4.24 Respon Spektra Gerakan *Roll* SPAR dengan Sistem 12 Tali Tambat

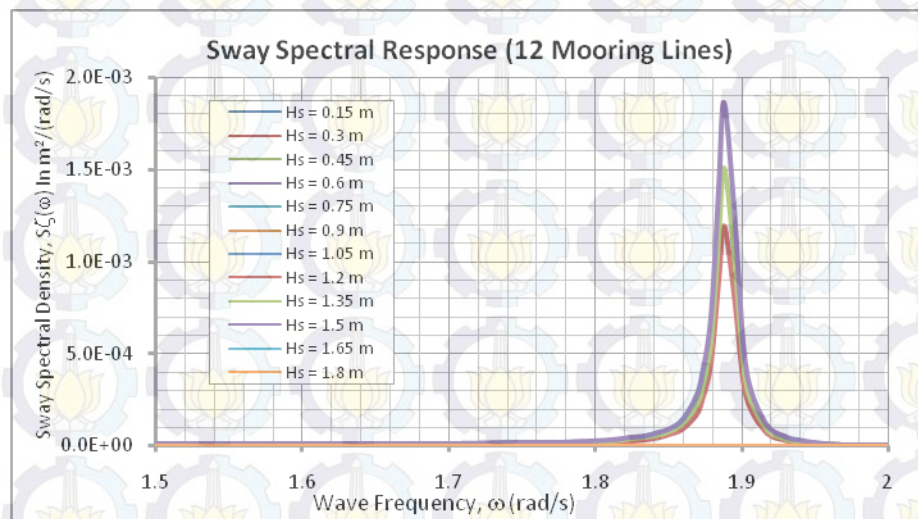




Gambar 4.25 Respon Spektra Gerakan Sway SPAR dengan Sistem 4 Tali Tambat



Gambar 4.26 Respon Spektra Gerakan Sway SPAR dengan Sistem 8 Tali Tambat



Gambar 4.27 Respon Spektra Gerakan Sway SPAR dengan Sistem 12 Tali Tambat



Berdasarkan dari grafik respon spektra gerakan struktur untuk enam derajat kebebasan gerakan *surge*, *sway*, *heave*, *roll*, *pitch*, dan *yaw* dapat disimpulkan untuk nilai respon gerakan maksimum struktur SPAR untuk setiap gerakan dengan menggunakan tabel dibawah ini:

**Tabel 4.7** Nilai Maksimum Respon Gerakan SPAR Platform Kondisi Tertambat

Moda Gerakan	Satuan	Nilai Respon Gerakan	Frekuensi (rad/sec)	Hs (m)
<i>Surge</i>	$\text{ln m}^2/(\text{rad/s})$	3.34E-05	1.1856	1.8
<i>Sway</i>	$\text{ln m}^2/(\text{rad/s})$	3.39E-05	1.172	1.8
<i>Heave</i>	$\text{ln m}^2/(\text{rad/s})$	1.83E-10	1.1712	1.8
<i>Roll</i>	$\text{ln deg}^2/(\text{rad/s})$	0.07742	1.172	1.8
<i>Pitch</i>	$\text{ln deg}^2/(\text{rad/s})$	0.07742	1.1712	1.8
<i>Yaw</i>	$\text{ln deg}^2/(\text{rad/s})$	1.94E-13	1.712	1.8

Dari tabel yang disajikan diatas dapat disimpulkan bahwa respon gerakan translasional terbesar adalah moda gerakan *sway* dengan nilai  $3.39\text{E-}12 \text{ ln m}^2/(\text{rad/s})$ . Sedangkan untuk respon gerakan rotasional terbesar adalah moda gerakan *roll* dan *pitch* dengan nilai  $0.07742 \text{ ln deg}^2/(\text{rad/s})$ .

## 1.5 Analisa Operabilitas Struktur SPAR di Selat Makassar

Nilai dari operabilitas struktur SPAR Horn Mountain di Selat Makassar ditinjau dengan mengkorelasikan data sebaran gelombang di perairan tempatnya beroperasi dengan kriteria seakeeping Olson (1978) yang menjadi kriteria operabilitas untuk melakukan operasi umum dan pemuatan serta criteria Zheng et al (1988) untuk criteria operasi crane seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

### 1.5.1 Kriteria Seakeeping Olson (1978)

- **Kriteria Umum:**

1.  $12^\circ$  Single Amplitude Average Roll
2.  $3^\circ$  Single Amplitude Average Pitch
3. Significant Heave Acceleration  $\leq 0.4 \text{ g}$  (no people working on deck)
4. Significant Heave Acceleration  $\leq 0.2 \text{ g}$  (people working on deck)



- **Kriteria Pendaratan/Lepas Landas Helikopter dan Pemuatan:**

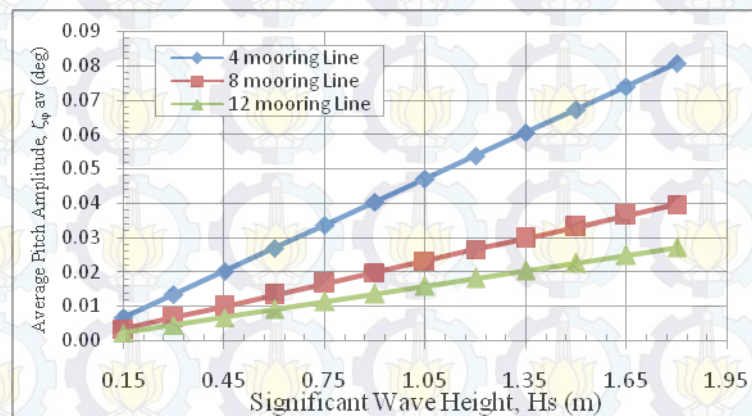
1.  $12.8^\circ$  *Double Amplitude Significant Roll*
2. 2.55 m *double amplitude significant vertical displacement at the flight deck due to pitch.*
3. 2.13 m/s *significant vertical velocity at the flight deck.*

#### 4.5.2 Kriteria Seakeeping Zheng et al (1988)

- **Kriteria Operasi Crane**

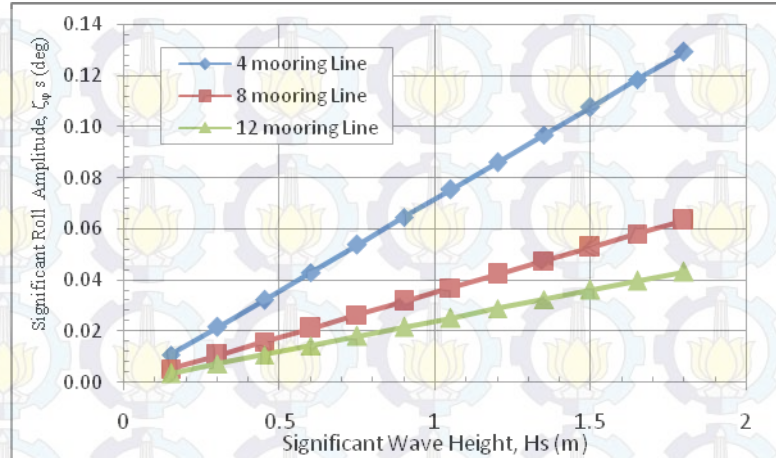
1. 1 m *Significant Heave Amplitude*
2.  $2^\circ$  *Double Amplitude Significant Pitch*

Berikut hasil analisa dari analisa kriteria *seakeeping* struktur Horn Mountain SPAR Platform dengan menggunakan data dengan menggunakan data sebaran gelombang di Selat Makassar dengan menvariasikan  $H_s$  sebesar 0.15 m, 0.3 m, 0.45 m, 0.6 m, 0.75 m, 0.9 m, 1.05 m, 1.2 m, 1.35 m, 1.5 m, 1.65 m, dan 1.8 meter.

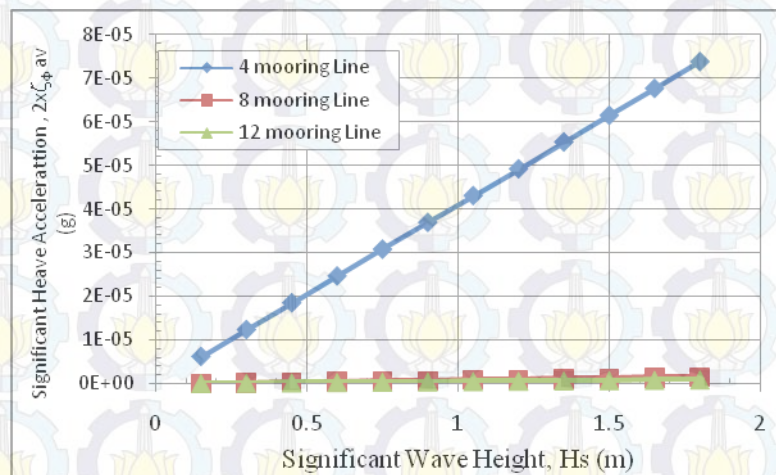


**Gambar 4.28** Grafik Average Pitch Amplitude,  $\zeta_{\phi av}$  (deg) di Tiap Kenaikan  $H_s$

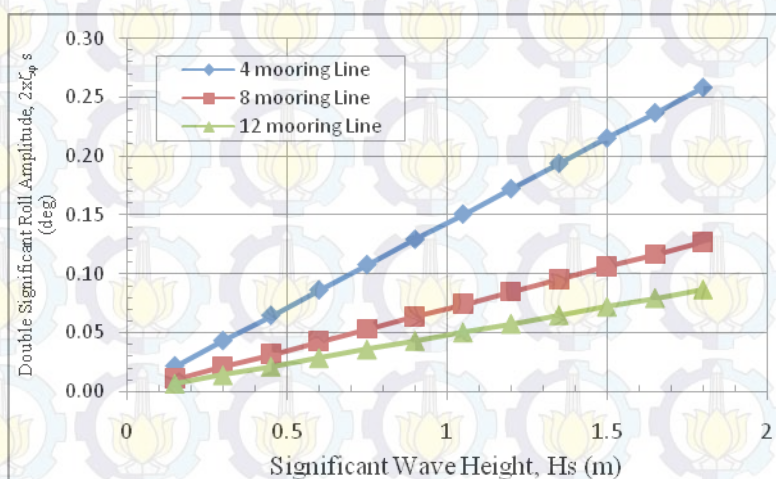




**Gambar 4.29** Grafik *Significant Roll Amplitude,  $\zeta_\phi$  av (deg)* di Tiap Kenaikan  $H_s$

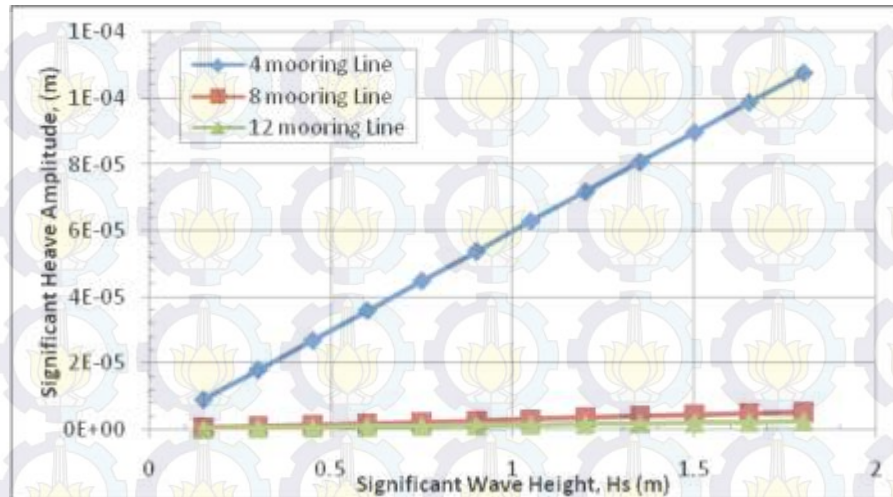


**Gambar 4.30** Grafik *Significant Heave Acceleration (g)* di Tiap Kenaikan  $H_s$



**Gambar 4.31** Grafik *Double Significant Roll Amplitude,  $\zeta_\phi$  av (deg)* di Tiap Kenaikan  $H_s$





**Gambar 4.32** Grafik *Significant Heave Amplitude* (m) di Tiap Kenaikan  $H_s$

Dari hasil analisis *seakeeping* struktur SPAR Horn Mountain yang telah ditampilkan pada Gambar 4.21 sampai dengan Gambar 4.26 dapat diketahui besarnya gerakan (*heave*, *roll*, *pitch* dan *surge*) rata-rata dan percepatan *heave* struktur SPAR di Selat Makassar masih belum melampaui kriteria operasi, bahkan masih sangat jauh dari batasan criteria tersebut. Hal ini dikarenakan batas kenaikan  $H_s$  yang digunakan dalam penelitian ini hanya hingga sebesar 1.8 m dengan kemungkinan munculnya gelombang dengan  $H_s$  diatas 1.8 m adalah 0 sesuai dengan data sebaran gelombang yang terjadi di Selat Makassar dimana,  $H_s$  sebesar itu tidak berpengaruh terlalu signifikan terhadap kinerja operasi struktur SPAR.

#### 4.5.3 Operabilitas SPAR Platform di Selat Makassar

Aktivitas pekerjaan yang ditinjau pada penelitian ini adalah ketika SPAR Platform melakukan aktifitas pemuatan dan operasi crane. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan menggunakan criteria *seakeeping* pada sub bab sebelumnya, terlihat bahwa struktur SPAR Platform masih mampu beroperasi hingga ketinggian  $H_s$  sebesar 1.8 m. Maka berdasarkan data sebaran distribusi gelombang tahunan di Selat Makassar, dapat diketahui total durasi aktifitas pengerjaan struktur SPAR yang ditinjau yakni berupa kumulatif dari peluang munculnya gelombang hingga  $H_s$  1.8 m.



- *Total Days of Operation During 1 years* =  $93.93\% \times 365 \text{ days}$   
= 342.8445 days

- *Waiting on Weather (WOW)* =  $365 \text{ days} - 342.8445 \text{ days}$   
= 22.1555 days

- *Durasi Time on Hire (TOH)* = 365 days

Operabilitas struktur SPAR pada Selat Makassar dapat ditentukan sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Operability} &= \frac{TOH - WOW}{TOH} \times 100\% \\ &= \frac{365 - 22.1555}{365} \times 100\% \\ &= 93.93\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diketahui operabilitas struktur SPAR di Selat Makassar yaitu sebesar 93.93% yang dtinjau pada arah datang gelombang tahunannya.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari perhitungan dan pembahasan struktur SPAR Horn Mountain yang telah dilakukan pada bab - bab sebelumnya maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yang juga akan menjawab permasalahan yang ada pada penelitian Tugas Akhir. Berikut ini adalah kesimpulan yang dapat dirangkum dari penelitian ini:

1. Respon gerakan maksimum Truss SPAR pada gelombang reguler terjadi pada sistem tambat dengan 4 tali. Besar gerakan yang mendominasi adalah sway sebesar 0.3147 m/m pada frekuensi 1.888 rad/s dan gerakan pitch dengan respon sebesar 1.4106 deg/m yang terjadi pada frekuensi 0.781 rad/s. Respon gerakan maksimum Truss SPAR pada gelombang acak terjadi pada sistem tambat dengan 4 tali. Besar gerakan yang mendominasi adalah sway sebesar 0.0268 in  $m^2/(rad/s)$  pada frekuensi 1.888 rad/s dan gerakan pitch dengan respon sebesar 0.22814 deg/m yang terjadi pada frekuensi 0.796 rad/s.
2. Dari hasil analisis *seakeeping* struktur SPAR Horn Mountain dapat diketahui besarnya gerakan (*heave*, *roll*, *pitch* dan *surge*) rata-rata dan percepatan *heave* struktur SPAR di Selat Makassar masih belum melampaui kriteria operasi, bahkan masih sangat jauh dari batasan kriteria tersebut. Hal ini dikarenakan batas kenaikan  $H_s$  yang digunakan dalam penelitian ini hanya hingga sebesar 1.8 m dengan kemungkinan munculnya gelombang dengan  $H_s$  diatas 1.8 m adalah 0 sesuai dengan data sebaran distribusi gelombang yang terjadi di Selat Makassar dimana,  $H_s$  sebesar itu tidak berpengaruh terlalu signifikan terhadap kinerja operasi struktur SPAR
3. Operabilitas Struktur SPAR sebesar 93.93% yang mengacu pada data distribusi arah datang gelombang tahunan di Selat Makassar.



## 5.2 Saran

Saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Untuk penelitian selanjutnya, dapat dilakukan analisa terhadap tegangan tali tambat yang bekerja pada struktur SPAR.
2. Dapat dilakukan analisa terhadap jenis struktur SPAR yang lainnnnya.
3. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan dapat menggunakan data sebaran gelombang yang lebih terperinci seperti sebaran data kemungkinan munculnya gelombang per bulan dalam 1 tahun.



## DAFTAR PUSTAKA

- ABS. 2003. *Guide for Building and Classing Floating Production Installation*. Texas: American Bureau of Shipping.
- Agarwall, A.K, A.K. Jain. 2002. Dynamic Behavior of Offshore Spar Platforms Under Regular Sea Waves. *Ocean Engineering* 30 (2003) 487-516.
- Aldi, Nugro. 2010. *Tipe Struktur Bangunan Lepas Pantai*. [Http://aldi-nugo.blogspot.com](http://aldi-nugo.blogspot.com).
- Bea, H. D. 2007. *Conceptual Design of a Semi-Submersible Floating Oil and Gas Production System for Offshore Malaysia*. Texas: OCEN 407 Design Class, Team Malaysia, Texas A&M, Apr.
- Biro Riset LM FEUI. 2010. *Analisis Industri Minyak dan Gas Indonesia*. Jakarta: Chakrabarti, S.K. 2005. *Hydrodynamics of Offshore Structures*. Boston: Publications Southampton.
- Chan, H. S. 1990. *A Three-Dimensional Technique for Predicting First- and Second-Order Order Hydrodynamic Forces on a Marine Vehicle Advancing in Waves*. Thesis, Department of NA & OE, University of Glasgow, UK.
- Djarmiko, E. B. 2012. *Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut Di Atas Gelombang Acak*. Surabaya : ITS Press.
- Djarmiko, E.B. 2007. Analisa Beban Gelombang dalam Perancangan Struktur Global Kapal SWATH". *Jurnal Teknologi Kelautan*, Vol. 11, No. 01.
- DNV RP – F205. 2010. "Global Performance Analysis of Deepwater Floating Structures. Det Norske Veritas
- Furlow, William. 2014. Spar Innovation. SPE : Oil And Gas Facility.
- Harirah, Umi., (2008). "Analisa Operabilitas Semi Submersible Pipelay Akibat Pengaruh Gerakan di Gelombang", Tugas Akhir, Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya
- Indiyono, P. 2004. *Hidrodinamika Bangunan Lepas Pantai*. Surabaya: SIC.
- Kim, M.H. 2012. *Spar Platforms – Technology and Analysis Methods*. Virginia: American Society of Civil Engineers.



- Kurian, V. J. 2011. Effect of Slowly Varying Drift Forces On The Motion Characteristics of Truss Spar Platforms. *Ocean Engineering* 38 (2011) 1417–1429.
- Lewis, C. H. and Griffin, M. J., 1997, “Evaluating the Motions of a Semi-Submersible with Respect to Human Response”, *Applied Ergonomics*, Vol. 3, pp. 193-201, June.
- Matos, V. L. Ribeiro, E. O., Simos, A. N. 2010. 2<sup>nd</sup> Order Pitch and Roll Motions of a Semi-Submersible Platform: Fullscale Measurements and Theoretical predictions Comparative Study. *Proceedings of the 29<sup>th</sup> International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering*, Paper No. OMAE 2010-20898, pp. 581-592, 11<sup>st</sup> June. China.
- Murtedjo, M. 1990. *Teori Gerak*. Surabaya: ITS Press.
- Olson, S.R. 1978. “An Evaluation of the Seakeeping Qualities of Naval Combatants”, *Naval Engineers Journal*, ASNE, Vol. 90, No.1, pp. 23-40
- Randall, R.E. 1997. *Elements of Ocean Engineering 1<sup>st</sup> edition*. Texas: The Society Marine Engineers.
- Rawson, K. J. dan Tupper, E. C. 2001. *Basic Ship Theory vol. 1*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Sirnivas, Senu. John Halyard, Lyle Finn. 2003. Spars-Lesson Learned. Technip Offshore, Inc
- Soedjono, J. J. 1998. *Diktat Mata Kuliah Konstruksi Bangunan Laut II*. Surabaya: Jurusan Teknik Kelautan ITS.
- Zheng, X. dan McGregor, R.C. 1988. Prediction Of Motion, Wave Load, And Sling Tension Of Crane Vessels During Heavy Lifting Operations. *Offshore Technology Conference*.



Frequency	Roll			Pitch			RAO Yaw		
(rad/s)	0 deg	45 deg	90 deg	0 deg	45 deg	90 deg	0 deg	45 deg	90 deg
0.02	1.12E-03	1.34E+00	1.89E+00	1.89E+00	1.34E+00	3.13E-04	0.212115407	0.212215805	0.212234081
0.11	5.13E-04	1.51E+00	2.14E+00	2.14E+00	1.51E+00	3.59E-04	6.32E-03	0.006428253	6.42E-03
0.2	7.30E-04	1.50E+00	2.13E+00	2.13E+00	1.50E+00	6.04E-04	2.20E-03	2.26E-03	2.21E-03
0.29	5.63E-04	1.38E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.38E+00	4.81E-04	3.42E-04	6.91E-04	6.84E-04
0.38	1.74E-04	1.18E+00	1.67E+00	1.67E+00	1.18E+00	1.72E-04	2.00E-04	3.48E-04	3.67E-04
0.47	1.04E-04	9.51E-01	1.34E+00	1.34E+00	9.51E-01	1.33E-04	2.11E-04	3.58E-04	4.53E-04
0.56	9.62E-05	7.11E-01	1.00E+00	1.00E+00	7.11E-01	9.07E-05	2.88E-04	1.67E-04	1.87E-04
0.65	6.14E-05	5.04E-01	7.11E-01	7.11E-01	5.04E-01	7.62E-05	9.68E-05	8.85E-05	1.76E-04
0.74	6.08E-05	3.47E-01	4.88E-01	4.88E-01	3.47E-01	4.12E-05	4.83E-05	8.09E-05	1.45E-04
0.83	4.47E-05	2.39E-01	3.33E-01	3.33E-01	2.40E-01	4.29E-05	2.40E-05	6.14E-05	1.04E-04
0.92	3.48E-05	1.66E-01	2.26E-01	2.26E-01	1.66E-01	3.98E-05	1.33E-05	4.08E-05	6.89E-05
1.01	5.52E-05	1.12E-01	1.52E-01	1.52E-01	1.12E-01	1.06E-05	7.54E-06	2.83E-05	4.71E-05
1.1	7.74E-05	5.32E-02	7.55E-02	7.55E-02	5.33E-02	7.74E-05	2.16E-06	2.22E-05	3.36E-05
1.19	5.85E-05	9.80E-02	1.35E-01	1.35E-01	9.80E-02	3.93E-05	4.49E-06	1.16E-05	1.80E-05
1.28	4.93E-06	5.93E-02	8.32E-02	8.32E-02	5.93E-02	2.02E-05	2.91E-06	8.46E-06	1.07E-05
1.37	9.76E-06	4.28E-02	6.02E-02	6.02E-02	4.28E-02	2.13E-05	3.78E-06	4.09E-06	2.82E-06
1.46	7.36E-06	3.22E-02	4.53E-02	4.53E-02	3.22E-02	2.20E-05	3.38E-06	6.76E-06	8.77E-06
1.55	1.53E-05	2.46E-02	3.46E-02	3.45E-02	2.46E-02	1.83E-05	2.71E-06	4.14E-06	5.14E-06
1.64	2.75E-05	1.87E-02	2.62E-02	2.62E-02	1.87E-02	1.26E-05	2.37E-06	3.15E-06	4.36E-06
1.73	5.52E-05	1.41E-02	1.95E-02	1.94E-02	1.41E-02	1.44E-05	1.81E-06	1.96E-06	3.86E-06
1.82	3.91E-05	8.62E-03	1.17E-02	1.16E-02	8.58E-03	1.26E-06	1.74E-06	1.29E-06	2.66E-06
1.91	4.71E-05	3.35E-03	4.15E-03	4.04E-03	3.31E-03	4.43E-06	2.44E-06	1.21E-06	1.18E-06
2	5.50E-05	1.91E-03	3.39E-03	3.51E-03	1.95E-03	1.01E-05	1.17E-06	9.29E-07	1.90E-06



Frequency (rad/s)	RAO Heave			RAO Surge			RAO Sway		
	0 deg	45 deg	90 deg	0 deg	45 deg	90 deg	0 deg	45 deg	90 deg
0.02	1.001174808	1.001177669	1.001174212	4.510568142	3.18952322	2.51E-02	2.29E-02	3.189724684	4.51081562
0.11	1.054448128	1.054447532	1.054443955	0.96299243	0.680950284	1.08E-03	9.06E-04	0.681030035	0.963097215
0.2	1.833243608	1.833232641	1.833220005	0.758949637	0.536682606	3.16E-04	1.32E-04	0.536707699	0.758988798
0.29	0.525256753	0.525246263	0.525246024	0.640256405	0.452769339	2.84E-05	1.08E-04	0.452765703	0.64025116
0.38	7.27E-02	7.27E-02	7.27E-02	0.524663806	0.371055454	3.74E-05	3.44E-05	0.371028304	0.524634421
0.47	2.32E-02	0.023191562	0.023197154	0.422193229	0.298611194	9.79E-05	3.16E-05	0.298580974	0.422156096
0.56	1.71E-03	1.71E-03	1.70E-03	0.333699435	0.236058235	1.04E-04	6.35E-05	0.236045241	0.333683401
0.65	6.41E-04	6.39E-04	6.53E-04	0.256263673	0.181320429	3.42E-05	3.22E-05	0.181311429	0.25625065
0.74	3.36E-04	3.36E-04	3.49E-04	0.188562527	0.133478075	2.32E-05	3.07E-05	0.133471906	0.188547596
0.83	2.49E-04	2.50E-04	2.60E-04	0.12978965	0.09201438	1.10E-05	1.13E-05	9.20E-02	0.129790232
0.92	1.04E-04	1.06E-04	1.12E-04	8.59E-02	6.10E-02	6.47E-06	8.75E-06	0.060957059	8.59E-02
1.01	2.16E-05	2.34E-05	2.63E-05	5.58E-02	3.97E-02	5.67E-06	1.55E-06	3.97E-02	5.58E-02
1.1	3.51E-06	2.98E-06	3.32E-07	3.65E-02	2.63E-02	4.76E-06	2.51E-06	2.63E-02	3.65E-02
1.19	9.15E-06	7.31E-06	7.22E-06	2.41E-02	1.77E-02	4.77E-06	3.07E-06	0.017657857	2.41E-02
1.28	8.21E-06	6.47E-06	6.95E-06	1.59E-02	1.17E-02	3.20E-06	3.41E-06	1.17E-02	1.58E-02
1.37	4.39E-06	4.66E-06	3.72E-06	7.92E-03	5.59E-03	9.37E-06	6.72E-06	5.58E-03	7.91E-03
1.46	5.74E-07	1.12E-06	4.84E-07	1.36E-02	9.82E-03	4.17E-06	2.97E-06	9.82E-03	1.36E-02
1.55	1.76E-06	1.93E-06	2.49E-06	8.38E-03	5.96E-03	1.50E-06	2.35E-06	5.96E-03	8.38E-03
1.64	5.93E-06	7.69E-06	6.56E-06	6.04E-03	4.29E-03	2.64E-06	2.95E-06	4.29E-03	6.04E-03
1.73	1.16E-05	1.34E-05	1.22E-05	4.53E-03	3.22E-03	3.86E-06	1.81E-06	3.23E-03	4.54E-03
1.82	1.58E-05	1.65E-05	1.64E-05	3.42E-03	2.42E-03	3.49E-06	3.23E-06	2.43E-03	3.42E-03
1.91	1.99E-05	1.99E-05	2.04E-05	2.50E-03	1.79E-03	1.72E-06	5.19E-06	1.79E-03	2.51E-03
2	1.59E-05	1.28E-05	1.66E-05	1.75E-03	1.29E-03	1.17E-06	7.84E-06	1.30E-03	1.76E-03



RAO Moored 4 Taut						
Freq	0 deg					
	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.00113	0	0	0	0	0	0
0.00501	0	0	0	0	0	0
0.00888	0	0	0	0	0	0
0.01115	1.76E-04	1.19E-06	1.66E-02	7.36E-06	1.82E-04	1.62E-07
0.01506	3.22E-04	2.17E-06	1.66E-02	1.34E-05	3.32E-04	2.96E-07
0.01897	5.10E-04	3.45E-06	1.66E-02	2.13E-05	5.26E-04	4.70E-07
0.02126	6.11E-04	3.83E-06	0.01659964	2.36E-05	6.42E-04	5.21E-07
0.02521	7.49E-04	3.81E-06	1.65E-02	2.35E-05	8.20E-04	5.17E-07
0.02916	8.87E-04	3.80E-06	1.64E-02	2.34E-05	9.98E-04	5.12E-07
0.03147	9.68E-04	3.79E-06	1.63E-02	2.33E-05	1.10E-03	5.10E-07
0.03546	1.11E-03	3.77E-06	1.62E-02	2.32E-05	1.28E-03	5.05E-07
0.03945	1.25E-03	3.76E-06	1.60E-02	2.31E-05	1.46E-03	5.01E-07
0.04179	1.33E-03	3.75E-06	1.60E-02	2.30E-05	1.57E-03	4.98E-07
0.04582	1.47E-03	3.74E-06	1.58E-02	2.29E-05	1.75E-03	4.93E-07
0.04985	1.61E-03	3.72E-06	1.57E-02	2.27E-05	1.94E-03	4.89E-07
0.0522	1.69E-03	3.71E-06	1.56E-02	2.27E-05	2.04E-03	4.86E-07
0.05628	1.84E-03	3.70E-06	1.55E-02	2.25E-05	2.23E-03	4.82E-07
0.06035	1.98E-03	3.68E-06	1.54E-02	2.24E-05	2.42E-03	4.77E-07
0.06273	2.06E-03	3.68E-06	1.53E-02	2.23E-05	2.53E-03	4.74E-07
0.06684	2.21E-03	3.66E-06	1.52E-02	2.22E-05	2.72E-03	4.70E-07
0.07095	2.35E-03	3.65E-06	1.51E-02	2.21E-05	2.90E-03	4.65E-07
0.07335	2.44E-03	3.64E-06	1.50E-02	2.20E-05	3.02E-03	4.63E-07
0.07751	2.58E-03	3.62E-06	1.49E-02	2.19E-05	3.21E-03	4.58E-07
0.08166	2.73E-03	3.61E-06	0.014742898	2.18E-05	3.40E-03	4.54E-07
0.08409	2.81E-03	3.60E-06	1.47E-02	2.17E-05	3.52E-03	4.51E-07
0.08828	2.96E-03	3.58E-06	1.45E-02	2.16E-05	3.71E-03	4.46E-07
0.09248	3.11E-03	3.57E-06	1.44E-02	2.15E-05	3.91E-03	4.42E-07
0.09493	3.19E-03	3.56E-06	1.43E-02	2.14E-05	4.02E-03	4.39E-07
0.09917	3.34E-03	3.55E-06	1.42E-02	2.13E-05	4.22E-03	4.34E-07
0.10341	3.49E-03	3.53E-06	1.41E-02	2.12E-05	4.43E-03	4.30E-07
0.10594	3.58E-03	3.52E-06	1.40E-02	2.11E-05	4.55E-03	4.27E-07
0.11042	3.76E-03	3.51E-06	1.39E-02	2.09E-05	4.80E-03	4.22E-07
0.1149	4.06E-03	3.48E-06	1.36E-02	2.07E-05	5.43E-03	4.14E-07
0.11767	4.24E-03	3.46E-06	1.35E-02	2.05E-05	5.83E-03	4.08E-07
0.12269	4.58E-03	3.43E-06	1.32E-02	2.03E-05	6.54E-03	3.99E-07
0.12772	4.92E-03	3.40E-06	1.29E-02	2.00E-05	7.26E-03	3.90E-07
0.13082	5.13E-03	3.38E-06	1.27E-02	1.98E-05	7.71E-03	3.84E-07
0.13647	5.52E-03	3.35E-06	1.24E-02	1.95E-05	8.53E-03	3.74E-07
0.14212	5.90E-03	3.31E-06	1.21E-02	1.92E-05	9.35E-03	3.64E-07
0.14562	6.14E-03	3.29E-06	1.19E-02	1.90E-05	9.86E-03	3.58E-07
0.15199	6.57E-03	3.25E-06	1.15E-02	1.86E-05	1.08E-02	3.47E-07
0.15836	7.00E-03	3.22E-06	1.12E-02	1.82E-05	1.17E-02	3.36E-07
0.1623	7.27E-03	3.19E-06	1.10E-02	1.80E-05	1.23E-02	3.29E-07
0.1695	7.76E-03	3.15E-06	1.06E-02	1.76E-05	1.34E-02	3.17E-07
0.1767	8.26E-03	3.11E-06	1.02E-02	1.72E-05	0.014530674	3.05E-07
0.18117	8.56E-03	3.09E-06	9.92E-03	1.70E-05	1.52E-02	2.98E-07
0.18934	9.13E-03	3.04E-06	9.46E-03	1.65E-05	1.65E-02	2.86E-07



0.1975	9.69E-03	3.00E-06	9.01E-03	1.60E-05	1.78E-02	2.73E-07
0.20258	0.010091077	2.96E-06	8.75E-03	1.58E-05	1.90E-02	2.67E-07
0.21187	1.09E-02	2.89E-06	8.30E-03	1.54E-05	0.02185498	2.57E-07
0.22115	1.18E-02	2.82E-06	7.85E-03	1.49E-05	2.48E-02	2.48E-07
0.22695	1.23E-02	2.78E-06	7.57E-03	1.47E-05	2.66E-02	2.43E-07
0.23756	1.32E-02	2.70E-06	7.06E-03	1.42E-05	3.01E-02	2.34E-07
0.24817	1.42E-02	2.63E-06	6.55E-03	1.37E-05	3.36E-02	2.26E-07
0.2548	0.014815598	2.58E-06	6.23E-03	1.33E-05	3.59E-02	2.22E-07
0.26698	0.015933521	2.51E-06	5.64E-03	1.28E-05	4.01E-02	2.16E-07
0.27915	1.71E-02	2.43E-06	5.05E-03	1.22E-05	4.45E-02	2.11E-07
0.28678	1.78E-02	2.39E-06	4.67E-03	1.18E-05	4.73E-02	2.09E-07
0.30083	1.91E-02	2.26E-06	4.22E-03	1.16E-05	5.40E-02	2.05E-07
0.31487	2.04E-02	2.13E-06	3.83E-03	1.17E-05	6.14E-02	2.02E-07
0.3237	2.12E-02	2.05E-06	3.59E-03	1.17E-05	6.63E-02	2.00E-07
0.34	0.022791114	1.93E-06	3.13E-03	1.18E-05	7.56E-02	1.97E-07
0.35629	2.44E-02	1.84E-06	2.67E-03	1.18E-05	8.55E-02	1.96E-07
0.36657	2.54E-02	1.80E-06	2.39E-03	1.19E-05	9.20E-02	1.95E-07
0.3856	2.72E-02	1.73E-06	1.96E-03	1.36E-05	0.105141625	1.91E-07
0.40464	2.88E-02	1.81E-06	1.79E-03	1.91E-05	0.119940057	1.85E-07
0.41669	2.99E-02	2.02E-06	1.69E-03	2.29E-05	0.130044207	1.87E-07
0.4391	3.19E-02	2.67E-06	1.50E-03	3.05E-05	0.150586098	2.05E-07
0.4615	3.40E-02	3.50E-06	1.30E-03	3.90E-05	0.173894748	2.37E-07
0.47576	3.52E-02	3.42E-06	1.14E-03	3.66E-05	0.189496398	2.09E-07
0.50237	3.67E-02	2.17E-06	7.40E-04	9.08E-06	0.219926775	1.27E-07
0.52899	3.84E-02	3.24E-06	3.35E-04	3.31E-05	0.256931901	3.00E-07
0.54603	3.95E-02	4.62E-06	7.18E-05	6.05E-05	0.285152286	4.34E-07
0.57798	4.04E-02	5.19E-06	1.05E-04	8.53E-05	0.339856863	4.74E-07
0.60993	4.00E-02	4.14E-06	2.85E-05	8.76E-05	0.403807521	3.40E-07
0.63051	3.96E-02	3.79E-06	2.20E-05	9.49E-05	0.458047658	2.53E-07
0.66929	3.71E-02	4.44E-06	5.97E-05	1.42E-04	0.5862602	1.77E-07
0.70806	3.09E-02	7.35E-06	3.58E-05	2.69E-04	0.775170028	2.69E-07
0.72724	2.56E-02	1.08E-05	1.85E-05	3.89E-04	0.912409663	3.81E-07
0.75434	1.29E-02	2.15E-05	1.27E-05	6.75E-04	1.164225221	6.07E-07
0.78145	8.88E-03	3.74E-05	5.71E-05	1.07E-03	1.408206105	8.73E-07
0.79595	2.21E-02	3.96E-05	8.12E-05	1.11E-03	1.403998733	9.43E-07
0.81864	3.55E-02	2.83E-05	1.01E-04	8.15E-04	1.155017614	8.68E-07
0.84133	3.91E-02	1.57E-05	9.96E-05	4.83E-04	0.848965406	7.06E-07
0.86074	3.85E-02	9.51E-06	9.08E-05	3.05E-04	0.647411048	5.86E-07
0.90473	3.46E-02	3.49E-06	7.00E-05	1.26E-04	0.380111992	4.08E-07
0.94873	0.030448243	1.68E-06	5.18E-05	6.57E-05	0.244640887	3.03E-07
0.98273	2.77E-02	1.67E-06	3.92E-05	4.53E-05	0.181907654	2.49E-07
1.0556	2.29E-02	1.97E-06	2.15E-05	2.30E-05	0.105131403	1.61E-07
1.12846	1.94E-02	1.91E-06	1.18E-05	1.32E-05	6.58E-02	1.18E-07
1.17752	1.76E-02	1.96E-06	7.86E-06	9.40E-06	4.97E-02	1.17E-07
1.27326	1.50E-02	4.22E-06	4.80E-06	1.10E-05	3.01E-02	9.26E-08
1.369	1.22E-02	1.08E-05	6.14E-06	1.69E-05	1.75E-02	8.96E-08
1.43403	1.50E-02	7.59E-06	1.19E-05	1.03E-05	1.73E-02	9.60E-08
1.56175	1.56E-02	1.11E-06	2.52E-05	6.68E-07	1.10E-02	8.77E-08
1.68947	1.90E-02	1.49E-06	9.21E-05	9.74E-07	7.46E-03	8.48E-08
1.73722	2.31E-02	2.75E-06	1.81E-04	7.88E-07	6.90E-03	8.94E-08
1.77357	2.74E-02	2.44E-06	3.46E-04	1.27E-06	6.40E-03	1.02E-07



1.80993	3.74E-02	6.21E-06	1.21E-03	1.58E-06	6.51E-03	1.40E-07
1.8234	4.40E-02	1.37E-05	3.58E-03	1.54E-06	6.73E-03	1.89E-07
1.83333	0.04977417	1.90E-05	4.59E-03	1.58E-06	6.87E-03	1.46E-07
1.84326	5.81E-02	3.45E-05	2.10E-03	1.91E-06	7.16E-03	1.64E-07
1.84903	6.48E-02	5.07E-05	1.63E-03	2.49E-06	7.43E-03	1.89E-07
1.85892	8.18E-02	1.05E-04	1.27E-03	5.12E-06	8.21E-03	2.44E-07
1.8688	0.113033861	2.58E-04	1.17E-03	1.36E-05	9.74E-03	3.35E-07
1.87335	0.137405187	4.27E-04	1.20E-03	2.33E-05	1.09E-02	4.03E-07
1.87908	0.186361387	9.06E-04	1.31E-03	5.08E-05	1.33E-02	5.34E-07
1.8848	0.265825361	2.11E-03	1.49E-03	1.20E-04	1.69E-02	7.49E-07
1.88829	0.311573476	3.10E-03	1.52E-03	1.76E-04	0.018295256	8.89E-07
1.89456	0.269806117	2.60E-03	9.97E-04	1.47E-04	1.35E-02	7.94E-07
1.90084	0.178834155	1.31E-03	4.83E-04	7.21E-05	7.40E-03	5.10E-07
1.90605	0.132377863	8.07E-04	2.64E-04	4.30E-05	4.54E-03	3.62E-07
1.91767	7.93E-02	3.77E-04	6.29E-05	1.80E-05	1.47E-03	1.98E-07
1.9293	5.44E-02	2.31E-04	2.21E-05	9.31E-06	1.56E-04	1.25E-07
1.93827	4.32E-02	1.77E-04	3.74E-05	5.96E-06	3.93E-04	9.37E-08
1.95744	2.91E-02	1.21E-04	5.67E-05	2.29E-06	1.00E-03	5.55E-08
1.97661	2.14E-02	9.62E-05	6.72E-05	1.22E-06	1.28E-03	3.50E-08
1.98978	0.018008154	8.68E-05	7.34E-05	1.75E-06	1.39E-03	2.53E-08
2.04191	1.16E-02	5.71E-05	6.59E-05	3.37E-06	1.61E-03	8.01E-09
	0.31157	0.00310	0.01664	0.00111	1.40821	9.433E-07

RAO Moored						
Freq	45 deg					
	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.00113	0	0	0	0	0	0
0.00501	0	0	0	0	0	0
0.00888	0	0	0	0	0	0
0.01115	1.25E-04	1.25E-04	1.66E-02	1.28E-04	1.29E-04	1.63E-07
0.01506	2.27E-04	2.27E-04	1.66E-02	2.34E-04	2.35E-04	2.97E-07
0.01897	3.61E-04	3.61E-04	1.66E-02	3.71E-04	3.73E-04	4.71E-07
0.02126	4.32E-04	4.32E-04	1.66E-02	4.53E-04	4.54E-04	5.22E-07
0.02521	5.30E-04	5.30E-04	1.65E-02	5.78E-04	5.80E-04	5.18E-07
0.02916	6.27E-04	6.28E-04	1.64E-02	7.04E-04	7.06E-04	5.13E-07
0.03147	6.85E-04	6.85E-04	1.63E-02	7.78E-04	7.80E-04	5.11E-07
0.03546	7.83E-04	7.84E-04	1.62E-02	9.05E-04	9.08E-04	5.07E-07
0.03945	8.82E-04	8.82E-04	1.60E-02	1.03E-03	1.04E-03	5.03E-07
0.04179	9.40E-04	9.40E-04	1.60E-02	1.11E-03	1.11E-03	5.01E-07
0.04582	1.04E-03	1.04E-03	1.58E-02	1.24E-03	1.24E-03	4.97E-07
0.04985	1.14E-03	0.001139912	1.57E-02	1.37E-03	1.37E-03	4.93E-07
0.0522	1.20E-03	1.20E-03	1.56E-02	1.44E-03	1.45E-03	4.91E-07
0.05628	1.30E-03	1.30E-03	1.55E-02	0.001572928	1.58E-03	4.88E-07
0.06035	1.40E-03	1.40E-03	1.54E-02	1.70E-03	1.71E-03	4.84E-07
0.06273	1.46E-03	1.46E-03	1.53E-02	1.78E-03	1.79E-03	4.82E-07
0.06684	1.56E-03	1.56E-03	1.52E-02	1.91E-03	1.92E-03	4.79E-07
0.07095	1.66E-03	1.66E-03	1.51E-02	2.05E-03	2.05E-03	4.76E-07
0.07335	1.72E-03	1.72E-03	1.50E-02	2.13E-03	2.13E-03	4.74E-07
0.07751	1.83E-03	1.83E-03	1.49E-02	2.26E-03	2.27E-03	4.71E-07



0.08166	1.93E-03	1.93E-03	1.47E-02	2.40E-03	2.41E-03	4.69E-07
0.08409	1.99E-03	1.99E-03	1.47E-02	2.48E-03	2.49E-03	4.67E-07
0.08828	2.09E-03	2.09E-03	1.45E-02	2.62E-03	2.62E-03	4.64E-07
0.09248	2.20E-03	2.20E-03	1.44E-02	2.76E-03	2.76E-03	4.62E-07
0.09493	2.26E-03	2.26E-03	1.43E-02	2.84E-03	2.85E-03	4.61E-07
0.09917	2.36E-03	2.37E-03	1.42E-02	2.98E-03	2.99E-03	4.59E-07
0.10341	2.47E-03	2.47E-03	1.41E-02	3.12E-03	3.13E-03	4.57E-07
0.10594	2.53E-03	2.53E-03	1.40E-02	3.21E-03	3.22E-03	4.56E-07
0.11042	2.66E-03	2.66E-03	1.39E-02	3.39E-03	3.40E-03	4.53E-07
0.1149	2.87E-03	2.87E-03	1.36E-02	3.83E-03	3.84E-03	4.49E-07
0.11767	3.00E-03	3.00E-03	1.35E-02	4.11E-03	4.12E-03	4.46E-07
0.12269	3.24E-03	3.24E-03	1.32E-02	4.62E-03	4.63E-03	4.42E-07
0.12772	3.48E-03	3.48E-03	1.29E-02	5.13E-03	5.14E-03	4.39E-07
0.13082	3.63E-03	3.63E-03	1.27E-02	5.44E-03	5.45E-03	4.37E-07
0.13647	3.90E-03	3.90E-03	0.012408392	6.02E-03	6.03E-03	4.34E-07
0.14212	0.004171432	4.17E-03	1.21E-02	6.60E-03	6.61E-03	4.33E-07
0.14562	4.34E-03	4.34E-03	1.19E-02	6.96E-03	6.97E-03	4.32E-07
0.15199	4.65E-03	4.65E-03	1.15E-02	7.62E-03	7.64E-03	4.32E-07
0.15836	4.95E-03	4.95E-03	0.011191189	8.29E-03	8.31E-03	4.33E-07
0.1623	5.14E-03	5.14E-03	1.10E-02	8.71E-03	8.73E-03	4.34E-07
0.1695	5.49E-03	5.49E-03	1.06E-02	9.48E-03	9.50E-03	4.37E-07
0.1767	5.84E-03	5.84E-03	1.02E-02	1.03E-02	0.010273858	4.42E-07
0.18117	6.06E-03	6.06E-03	9.92E-03	1.07E-02	0.010762152	4.45E-07
0.18934	6.45E-03	6.45E-03	9.46E-03	1.16E-02	1.17E-02	4.53E-07
0.1975	6.85E-03	6.85E-03	9.01E-03	1.26E-02	1.26E-02	4.62E-07
0.20258	7.14E-03	7.14E-03	8.75E-03	1.34E-02	1.34E-02	4.67E-07
0.21187	7.72E-03	0.007726667	8.30E-03	0.015434162	1.55E-02	4.75E-07
0.22115	8.32E-03	8.32E-03	7.85E-03	1.75E-02	1.75E-02	4.83E-07
0.22695	8.69E-03	8.69E-03	7.57E-03	1.88E-02	1.88E-02	4.89E-07
0.23756	9.36E-03	9.37E-03	7.06E-03	2.13E-02	2.13E-02	5.02E-07
0.24817	1.00E-02	1.01E-02	6.55E-03	2.37E-02	2.38E-02	5.16E-07
0.2548	1.05E-02	1.05E-02	6.23E-03	2.53E-02	2.54E-02	5.26E-07
0.26698	1.13E-02	1.13E-02	5.64E-03	2.83E-02	2.84E-02	5.45E-07
0.27915	1.21E-02	1.21E-02	5.05E-03	3.14E-02	3.14E-02	5.66E-07
0.28678	1.26E-02	1.26E-02	4.67E-03	0.033416748	0.033438679	5.80E-07
0.30083	1.35E-02	1.35E-02	4.22E-03	3.82E-02	3.82E-02	5.86E-07
0.31487	1.44E-02	1.44E-02	3.83E-03	4.34E-02	4.34E-02	5.87E-07
0.3237	1.50E-02	1.50E-02	3.59E-03	0.046832301	0.046852071	5.88E-07
0.34	0.016116589	0.016118037	3.13E-03	5.34E-02	5.34E-02	5.91E-07
0.35629	1.72E-02	1.72E-02	2.67E-03	6.04E-02	6.04E-02	5.95E-07
0.36657	1.79E-02	1.80E-02	2.39E-03	6.51E-02	6.51E-02	5.98E-07
0.3856	0.019229818	1.92E-02	1.96E-03	7.43E-02	7.43E-02	5.97E-07
0.40464	2.04E-02	2.04E-02	1.79E-03	8.48E-02	8.48E-02	5.81E-07
0.41669	2.11E-02	2.11E-02	1.69E-03	9.19E-02	9.20E-02	5.75E-07
0.4391	2.26E-02	2.26E-02	1.49E-03	0.106484264	0.106483117	5.69E-07
0.4615	2.41E-02	2.41E-02	1.30E-03	0.122978024	0.122967795	5.71E-07
0.47576	2.49E-02	2.49E-02	1.14E-03	0.134022191	0.134003207	5.33E-07
0.50237	2.60E-02	2.60E-02	7.39E-04	0.155576095	0.155532211	3.69E-07
0.52899	2.72E-02	2.71E-02	3.34E-04	0.181791693	0.181713536	3.08E-07
0.54603	2.79E-02	2.79E-02	7.14E-05	0.201787427	0.201680019	3.52E-07
0.57798	2.85E-02	0.028532526	1.04E-04	0.24056527	0.240393981	3.35E-07



0.60993	0.028325867	0.028308718	2.70E-05	0.285923392	0.285660595	1.69E-07
0.63051	2.80E-02	2.80E-02	2.35E-05	0.324409783	0.324054122	8.64E-08
0.66929	2.62E-02	2.62E-02	6.41E-05	0.415493101	0.414840043	2.75E-07
0.70806	2.19E-02	2.18E-02	4.54E-05	0.549923003	0.548661768	6.06E-07
0.72724	1.81E-02	1.80E-02	3.30E-05	0.647645295	0.645892203	8.52E-07
0.75434	9.09E-03	8.92E-03	1.82E-05	0.826932847	0.824403405	1.32E-06
0.78145	6.32E-03	6.59E-03	3.63E-05	0.999141097	0.997424901	1.87E-06
0.79595	1.57E-02	0.015969954	5.54E-05	0.994214058	0.994460702	2.01E-06
0.81864	2.52E-02	2.54E-02	7.46E-05	0.815868258	0.818189502	1.84E-06
0.84133	2.77E-02	2.78E-02	7.68E-05	0.599434674	0.601577163	1.50E-06
0.86074	2.73E-02	2.73E-02	7.10E-05	0.457318723	0.458907813	1.25E-06
0.90473	2.45E-02	2.46E-02	5.49E-05	0.268892974	0.269669145	8.80E-07
0.94873	0.021628238	2.16E-02	3.97E-05	0.173303023	0.173729375	6.70E-07
0.98273	1.97E-02	1.97E-02	2.86E-05	0.128995359	0.129290789	5.61E-07
1.0556	1.63E-02	1.64E-02	1.35E-05	7.50E-02	7.52E-02	4.03E-07
1.12846	1.40E-02	1.40E-02	5.88E-06	4.76E-02	4.77E-02	3.23E-07
1.17752	1.28E-02	1.29E-02	3.46E-06	3.62E-02	3.63E-02	3.08E-07
1.27326	1.11E-02	1.11E-02	1.86E-06	2.22E-02	2.23E-02	2.57E-07
1.369	8.66E-03	8.66E-03	1.07E-06	0.012375146	1.24E-02	1.95E-07
1.43403	1.04E-02	1.05E-02	2.76E-06	0.011972732	1.20E-02	2.50E-07
1.56175	1.11E-02	0.011088285	1.47E-05	7.82E-03	7.83E-03	2.79E-07
1.68947	0.013506013	1.36E-02	7.68E-05	5.30E-03	5.30E-03	3.65E-07
1.73722	0.016425896	1.65E-02	1.49E-04	4.89E-03	4.90E-03	4.59E-07
1.77357	1.94E-02	1.95E-02	2.75E-04	4.54E-03	4.55E-03	5.54E-07
1.80993	2.65E-02	2.67E-02	9.14E-04	4.61E-03	4.62E-03	7.73E-07
1.8234	0.031131325	3.14E-02	2.62E-03	4.77E-03	4.78E-03	9.28E-07
1.83333	3.52E-02	3.55E-02	3.26E-03	4.86E-03	4.87E-03	9.96E-07
1.84326	4.11E-02	4.15E-02	1.44E-03	5.07E-03	5.07E-03	1.19E-06
1.84903	4.58E-02	4.64E-02	1.09E-03	5.26E-03	5.27E-03	1.33E-06
1.85892	5.79E-02	5.87E-02	8.10E-04	5.82E-03	5.82E-03	1.70E-06
1.8688	8.00E-02	8.14E-02	6.99E-04	6.91E-03	6.90E-03	2.36E-06
1.87335	9.73E-02	9.93E-02	6.84E-04	7.79E-03	7.76E-03	2.88E-06
1.87908	0.131936595	0.135164469	6.97E-04	9.51E-03	9.46E-03	3.92E-06
1.8848	0.188496813	0.192626283	7.34E-04	1.20E-02	0.011992778	5.59E-06
1.88829	0.221647322	0.22329919	7.11E-04	1.28E-02	1.30E-02	6.48E-06
1.89456	0.193022966	0.188947201	4.24E-04	9.23E-03	9.66E-03	5.49E-06
1.90084	0.128049657	0.125511616	2.00E-04	5.05E-03	5.31E-03	3.64E-06
1.90605	0.094823994	9.34E-02	1.45E-04	3.09E-03	3.25E-03	2.70E-06
1.91767	5.68E-02	5.63E-02	1.37E-04	9.82E-04	1.06E-03	1.61E-06
1.9293	3.90E-02	3.88E-02	1.32E-04	7.62E-05	1.20E-04	1.11E-06
1.93827	3.09E-02	3.08E-02	1.24E-04	3.04E-04	2.71E-04	8.80E-07
1.95744	2.09E-02	2.09E-02	1.06E-04	7.27E-04	7.06E-04	5.99E-07
1.97661	1.56E-02	1.56E-02	9.00E-05	9.21E-04	9.06E-04	4.52E-07
1.98978	0.013212445	1.32E-02	8.04E-05	9.99E-04	9.86E-04	3.90E-07
2.04191	8.58E-03	8.59E-03	5.92E-05	1.16E-03	1.15E-03	2.61E-07
max	0.22165	0.22330	0.01664	0.99914	0.99742	6.482E-06



RAO Moored						
Freq	90 deg					
	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.00113	0	0	0	0	0	0
0.00501	0	0	0	0	0	0
0.00888	0	0	0	0	0	0
0.01115	1.34E-06	1.76E-04	1.66E-02	1.81E-04	8.97E-06	1.63E-07
0.01506	2.44E-06	3.22E-04	1.66E-02	3.30E-04	1.63E-05	2.97E-07
0.01897	3.88E-06	5.10E-04	1.66E-02	5.25E-04	2.59E-05	4.71E-07
0.02126	4.30E-06	6.11E-04	1.66E-02	6.40E-04	2.87E-05	5.22E-07
0.02521	4.27E-06	7.50E-04	1.65E-02	8.17E-04	2.85E-05	5.18E-07
0.02916	4.23E-06	8.88E-04	1.64E-02	9.95E-04	2.83E-05	5.14E-07
0.03147	4.21E-06	9.69E-04	0.016283656	1.10E-03	2.82E-05	5.11E-07
0.03546	4.18E-06	1.11E-03	1.62E-02	1.28E-03	2.79E-05	5.07E-07
0.03945	4.15E-06	1.25E-03	1.60E-02	1.46E-03	2.77E-05	5.04E-07
0.04179	4.13E-06	1.33E-03	1.60E-02	1.57E-03	2.76E-05	5.02E-07
0.04582	4.09E-06	1.47E-03	0.015841331	1.75E-03	2.74E-05	4.98E-07
0.04985	4.06E-06	1.61E-03	1.57E-02	1.93E-03	2.72E-05	4.94E-07
0.0522	4.04E-06	1.69E-03	1.56E-02	2.04E-03	2.70E-05	4.92E-07
0.05628	4.00E-06	1.84E-03	1.55E-02	2.22E-03	2.68E-05	4.89E-07
0.06035	3.97E-06	1.98E-03	1.54E-02	2.41E-03	2.66E-05	4.86E-07
0.06273	3.95E-06	2.06E-03	1.53E-02	2.52E-03	2.65E-05	4.84E-07
0.06684	3.92E-06	2.21E-03	1.52E-02	2.71E-03	2.63E-05	4.81E-07
0.07095	3.88E-06	2.35E-03	0.01507016	2.90E-03	2.60E-05	4.79E-07
0.07335	3.86E-06	2.44E-03	1.50E-02	3.01E-03	2.59E-05	4.77E-07
0.07751	3.83E-06	2.58E-03	1.49E-02	3.20E-03	2.57E-05	4.75E-07
0.08166	3.79E-06	2.73E-03	1.47E-02	0.003393589	2.55E-05	4.73E-07
0.08409	3.77E-06	2.81E-03	0.014668689	3.51E-03	2.54E-05	4.71E-07
0.08828	3.74E-06	2.96E-03	1.45E-02	3.70E-03	2.51E-05	4.69E-07
0.09248	3.70E-06	3.11E-03	1.44E-02	3.90E-03	2.49E-05	4.68E-07
0.09493	3.68E-06	3.20E-03	1.43E-02	4.01E-03	2.48E-05	4.67E-07
0.09917	3.65E-06	3.35E-03	1.42E-02	4.21E-03	2.46E-05	4.65E-07
0.10341	3.61E-06	3.50E-03	1.41E-02	4.42E-03	2.44E-05	4.64E-07
0.10594	3.59E-06	3.59E-03	1.40E-02	4.54E-03	2.42E-05	4.63E-07
0.11042	3.55E-06	3.76E-03	0.01385611	4.79E-03	2.40E-05	4.62E-07
0.1149	3.49E-06	4.06E-03	1.36E-02	5.42E-03	2.36E-05	4.58E-07
0.11767	3.45E-06	4.25E-03	0.013453459	5.81E-03	2.33E-05	4.56E-07
0.12269	3.37E-06	4.59E-03	1.32E-02	6.53E-03	2.29E-05	4.53E-07
0.12772	3.30E-06	4.93E-03	1.29E-02	7.25E-03	2.24E-05	4.51E-07
0.13082	3.26E-06	5.14E-03	1.27E-02	7.70E-03	2.21E-05	4.50E-07
0.13647	3.17E-06	5.52E-03	1.24E-02	8.51E-03	2.16E-05	4.49E-07
0.14212	3.09E-06	5.90E-03	1.21E-02	9.33E-03	2.11E-05	4.49E-07
0.14562	3.04E-06	6.14E-03	1.19E-02	9.85E-03	2.08E-05	4.50E-07
0.15199	2.95E-06	6.57E-03	1.15E-02	1.08E-02	2.02E-05	4.52E-07
0.15836	2.86E-06	7.01E-03	0.011191071	1.17E-02	1.96E-05	4.55E-07
0.1623	2.80E-06	7.28E-03	1.10E-02	1.23E-02	1.93E-05	4.58E-07
0.1695	2.70E-06	7.77E-03	1.06E-02	1.34E-02	1.86E-05	4.64E-07
0.1767	2.60E-06	8.26E-03	1.02E-02	1.45E-02	1.79E-05	4.71E-07
0.18117	2.53E-06	8.57E-03	9.92E-03	0.015199339	1.75E-05	4.77E-07
0.18934	2.42E-06	9.13E-03	9.46E-03	1.65E-02	1.67E-05	4.88E-07



0.1975	2.30E-06	9.69E-03	9.01E-03	0.017766522	1.60E-05	5.01E-07
0.20258	2.23E-06	1.01E-02	8.75E-03	1.90E-02	1.56E-05	5.07E-07
0.21187	2.10E-06	1.09E-02	8.30E-03	0.021829093	1.51E-05	5.16E-07
0.22115	1.97E-06	1.18E-02	7.85E-03	2.48E-02	1.45E-05	5.26E-07
0.22695	1.90E-06	1.23E-02	7.57E-03	2.66E-02	1.42E-05	5.33E-07
0.23756	1.75E-06	1.32E-02	7.06E-03	3.01E-02	1.35E-05	5.47E-07
0.24817	1.61E-06	1.42E-02	6.55E-03	3.36E-02	1.29E-05	5.64E-07
0.2548	1.53E-06	1.48E-02	6.23E-03	3.58E-02	1.25E-05	5.75E-07
0.26698	1.38E-06	1.59E-02	5.64E-03	0.040074997	1.18E-05	5.97E-07
0.27915	1.23E-06	1.71E-02	5.05E-03	4.44E-02	1.10E-05	6.20E-07
0.28678	1.15E-06	1.78E-02	4.67E-03	0.047261968	1.06E-05	6.36E-07
0.30083	9.62E-07	0.01907929	4.22E-03	5.40E-02	1.06E-05	6.42E-07
0.31487	8.11E-07	2.04E-02	3.83E-03	0.061397273	1.09E-05	6.41E-07
0.3237	7.57E-07	2.12E-02	3.58E-03	6.62E-02	1.11E-05	6.42E-07
0.34	7.72E-07	2.28E-02	3.13E-03	7.56E-02	1.15E-05	6.45E-07
0.35629	9.29E-07	2.44E-02	2.67E-03	8.54E-02	1.19E-05	6.49E-07
0.36657	1.08E-06	2.54E-02	2.39E-03	9.20E-02	1.22E-05	6.52E-07
0.3856	1.65E-06	2.72E-02	1.96E-03	0.105121493	1.44E-05	6.53E-07
0.40464	2.98E-06	2.88E-02	1.79E-03	0.119925104	2.06E-05	6.40E-07
0.41669	3.87E-06	2.99E-02	1.69E-03	0.130033299	2.49E-05	6.36E-07
0.4391	5.60E-06	3.19E-02	1.49E-03	0.150584459	3.36E-05	6.36E-07
0.4615	7.39E-06	3.40E-02	1.30E-03	0.173905551	4.33E-05	6.47E-07
0.47576	6.92E-06	3.52E-02	1.14E-03	0.18951878	4.13E-05	6.09E-07
0.50237	2.05E-06	3.67E-02	7.40E-04	0.219981596	1.05E-05	4.17E-07
0.52899	4.92E-06	3.84E-02	3.36E-04	0.257031918	2.63E-05	2.90E-07
0.54603	8.51E-06	3.95E-02	7.31E-05	0.285291016	5.38E-05	2.87E-07
0.57798	9.93E-06	4.03E-02	1.01E-04	0.340082288	7.55E-05	2.53E-07
0.60993	7.13E-06	4.00E-02	2.25E-05	0.404159307	7.11E-05	8.98E-08
0.63051	5.54E-06	3.96E-02	3.21E-05	0.458527952	7.31E-05	4.19E-08
0.66929	5.11E-06	3.70E-02	7.83E-05	0.587146878	1.04E-04	2.76E-07
0.70806	8.51E-06	3.08E-02	7.16E-05	0.776882231	1.91E-04	5.71E-07
0.72724	1.22E-05	2.54E-02	6.92E-05	0.914795935	2.76E-04	7.92E-07
0.75434	2.14E-05	1.26E-02	6.97E-05	1.167708516	5.13E-04	1.22E-06
0.78145	3.38E-05	9.27E-03	7.18E-05	1.410577297	8.92E-04	1.72E-06
0.79595	3.50E-05	2.25E-02	6.96E-05	1.403434038	9.65E-04	1.85E-06
0.81864	2.49E-05	3.58E-02	6.30E-05	1.149759889	7.38E-04	1.70E-06
0.84133	1.45E-05	3.92E-02	5.52E-05	0.842957914	4.38E-04	1.39E-06
0.86074	9.61E-06	3.85E-02	4.79E-05	0.642843902	2.75E-04	1.16E-06
0.90473	4.88E-06	3.46E-02	3.38E-05	0.378035486	1.20E-04	8.26E-07
0.94873	3.08E-06	0.030462971	2.21E-05	0.243571267	6.34E-05	6.37E-07
0.98273	2.37E-06	0.027668409	1.34E-05	0.181226954	4.10E-05	5.38E-07
1.0556	2.12E-06	2.29E-02	3.18E-06	0.104844838	1.96E-05	3.95E-07
1.12846	2.63E-06	0.019376878	6.74E-06	6.57E-02	1.26E-05	3.27E-07
1.17752	3.00E-06	1.76E-02	9.10E-06	4.96E-02	1.04E-05	3.18E-07
1.27326	1.46E-06	1.50E-02	1.07E-05	3.01E-02	1.48E-06	2.90E-07
1.369	1.43E-05	1.22E-02	8.25E-06	1.75E-02	1.97E-05	2.66E-07
1.43403	5.99E-06	1.51E-02	6.88E-06	1.72E-02	6.82E-06	3.26E-07
1.56175	6.46E-06	1.56E-02	1.02E-06	1.10E-02	3.30E-06	3.57E-07
1.68947	1.89E-05	1.91E-02	3.58E-05	7.44E-03	3.99E-06	4.51E-07
1.73722	3.04E-05	2.32E-02	7.79E-05	6.88E-03	4.70E-06	5.58E-07
1.77357	4.06E-05	2.75E-02	1.49E-04	6.38E-03	4.95E-06	6.77E-07



1.80993	6.64E-05	3.76E-02	4.58E-04	6.49E-03	6.30E-06	9.51E-07
1.8234	8.47E-05	4.43E-02	1.21E-03	6.72E-03	7.40E-06	1.14E-06
1.83333	1.03E-04	5.02E-02	1.39E-03	6.85E-03	8.05E-06	1.28E-06
1.84326	1.31E-04	5.87E-02	5.53E-04	7.14E-03	9.45E-06	1.50E-06
1.84903	0.000155257	6.55E-02	3.83E-04	7.42E-03	1.08E-05	1.69E-06
1.85892	2.27E-04	8.29E-02	2.31E-04	8.20E-03	1.48E-05	2.15E-06
1.8688	3.96E-04	0.115081631	1.78E-04	9.76E-03	2.43E-05	3.00E-06
1.87335	5.60E-04	0.140311211	2.08E-04	1.10E-02	3.36E-05	3.67E-06
1.87908	9.72E-04	0.191126108	3.26E-04	1.34E-02	5.71E-05	5.01E-06
1.8848	1.85E-03	0.272249013	5.65E-04	1.70E-02	1.08E-04	7.16E-06
1.88829	2.41E-03	0.314692229	7.27E-04	1.81E-02	1.40E-04	8.29E-06
1.89456	1.62E-03	0.264125854	7.21E-04	0.01288288	9.52E-05	6.98E-06
1.90084	6.59E-04	0.175089106	5.54E-04	7.03E-03	3.99E-05	4.63E-06
1.90605	3.40E-04	0.130199537	4.57E-04	4.30E-03	2.14E-05	3.45E-06
1.91767	1.13E-04	7.85E-02	3.20E-04	1.36E-03	8.10E-06	2.09E-06
1.9293	5.29E-05	5.41E-02	2.38E-04	9.41E-05	4.50E-06	1.45E-06
1.93827	3.49E-05	4.30E-02	1.98E-04	4.39E-04	3.38E-06	1.16E-06
1.95744	2.05E-05	2.90E-02	1.45E-04	1.03E-03	2.45E-06	7.98E-07
1.97661	1.65E-05	2.14E-02	1.20E-04	1.30E-03	2.19E-06	6.04E-07
1.98978	1.56E-05	1.80E-02	1.12E-04	1.41E-03	2.14E-06	5.19E-07
2.04191	1.00E-05	1.16E-02	8.48E-05	1.62E-03	1.83E-06	3.53E-07
2.04191	0.002405233	0.314692	0.01664	1.4105773	0.0009652	8.291E-06



RAO Moored						
8 Taut						
Freq	0 deg					
	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.00113	0	0	0	0	0	0
0.00501	0	0	0	0	0	0
0.00888	0	0	0	0	0	0
0.01115	0.0000882	0.0000006	0.0083887	0.0000035	0.0000863	0.00000008
0.01506	0.0001610	0.0000011	0.0083888	0.0000064	0.0001574	0.00000015
0.01897	0.0002555	0.0000017	0.0083890	0.0000101	0.0002498	0.00000023
0.02126	0.0003060	0.0000019	0.0083693	0.0000112	0.0003046	0.00000026
0.02521	0.0003752	0.0000019	0.0083074	0.0000112	0.0003891	0.00000026
0.02916	0.0004444	0.0000019	0.0082455	0.0000111	0.0004736	0.00000025
0.03147	0.0004849	0.0000019	0.0082093	0.0000111	0.0005231	0.00000025
0.03546	0.0005548	0.0000019	0.0081469	0.0000110	0.0006086	0.00000025
0.03945	0.0006248	0.0000019	0.0080845	0.0000109	0.0006941	0.00000025
0.04179	0.0006657	0.0000019	0.0080480	0.0000109	0.0007442	0.00000025
0.04582	0.0007363	0.0000018	0.0079850	0.0000108	0.0008307	0.00000024
0.04985	0.0008069	0.0000018	0.0079221	0.0000108	0.0009173	0.00000024
0.0522	0.0008483	0.0000018	0.0078853	0.0000107	0.0009680	0.00000024
0.05628	0.0009196	0.0000018	0.0078218	0.0000107	0.0010556	0.00000024
0.06035	0.0009910	0.0000018	0.0077583	0.0000106	0.0011434	0.00000024
0.06273	0.0010328	0.0000018	0.0077212	0.0000106	0.0011947	0.00000023
0.06684	0.0011049	0.0000018	0.0076571	0.0000105	0.0012835	0.00000023
0.07095	0.0011771	0.0000018	0.0075930	0.0000104	0.0013724	0.00000023
0.07335	0.0012193	0.0000018	0.0075556	0.0000104	0.0014245	0.00000023
0.07751	0.0012922	0.0000018	0.0074909	0.0000103	0.0015145	0.00000023
0.08166	0.0013651	0.0000018	0.0074263	0.0000103	0.0016047	0.00000022
0.08409	0.0014078	0.0000018	0.0073885	0.0000102	0.0016575	0.00000022
0.08828	0.0014815	0.0000018	0.0073233	0.0000102	0.0017488	0.00000022
0.09248	0.0015552	0.0000018	0.0072581	0.0000101	0.0018403	0.00000022
0.09493	0.0015983	0.0000018	0.0072199	0.0000101	0.0018939	0.00000022
0.09917	0.0016729	0.0000018	0.0071541	0.0000100	0.0019867	0.00000021
0.10341	0.0017475	0.0000017	0.0070882	0.0000100	0.0020797	0.00000021
0.10594	0.0017921	0.0000017	0.0070488	0.0000099	0.0021355	0.00000021
0.11042	0.0018778	0.0000017	0.0069739	0.0000098	0.0022526	0.00000021
0.1149	0.0020288	0.0000017	0.0068476	0.0000097	0.0025473	0.00000020
0.11767	0.0021220	0.0000017	0.0067696	0.0000096	0.0027296	0.00000020
0.12269	0.0022915	0.0000017	0.0066279	0.0000095	0.0030613	0.00000020
0.12772	0.0024610	0.0000017	0.0064862	0.0000093	0.0033939	0.00000019
0.13082	0.0025659	0.0000017	0.0063986	0.0000093	0.0036000	0.00000019
0.13647	0.0027567	0.0000017	0.0062393	0.0000091	0.0039757	0.00000018
0.14212	0.0029476	0.0000016	0.0060799	0.0000089	0.0043526	0.00000018
0.14562	0.0030659	0.0000016	0.0059812	0.0000088	0.0045866	0.00000018
0.15199	0.0032814	0.0000016	0.0058015	0.0000087	0.0050141	0.00000017
0.15836	0.0034971	0.0000016	0.0056218	0.0000085	0.0054433	0.00000017
0.1623	0.0036309	0.0000016	0.0055104	0.0000084	0.0057104	0.00000016
0.1695	0.0038751	0.0000016	0.0053071	0.0000082	0.0061993	0.00000016
0.1767	0.0041196	0.0000015	0.0051038	0.0000080	0.0066909	0.00000015
0.18117	0.0042715	0.0000015	0.0049775	0.0000078	0.0069975	0.00000015
0.18934	0.0045492	0.0000015	0.0047468	0.0000076	0.0075604	0.00000014



0.1975	0.0048273	0.0000015	0.0045160	0.0000074	0.0081273	0.00000013
0.20258	0.0050269	0.0000015	0.0043826	0.0000072	0.0086529	0.00000013
0.21187	0.0054393	0.0000014	0.0041568	0.0000070	0.0099246	0.00000013
0.22115	0.0058525	0.0000014	0.0039308	0.0000068	0.0112066	0.00000012
0.22695	0.0061104	0.0000014	0.0037898	0.0000066	0.0120114	0.00000012
0.23756	0.0065839	0.0000013	0.0035312	0.0000064	0.0134978	0.00000012
0.24817	0.0070586	0.0000013	0.0032724	0.0000061	0.0150004	0.00000011
0.2548	0.0073558	0.0000013	0.0031105	0.0000060	0.0159481	0.00000011
0.26698	0.0079029	0.0000012	0.0028129	0.0000057	0.0177068	0.00000011
0.27915	0.0084518	0.0000012	0.0025148	0.0000054	0.0194912	0.00000010
0.28678	0.0087967	0.0000012	0.0023278	0.0000052	0.0206232	0.00000010
0.30083	0.0094316	0.0000011	0.0020982	0.0000051	0.0233278	0.00000010
0.31487	0.0100693	0.0000010	0.0019025	0.0000051	0.0262611	0.00000010
0.3237	0.0104718	0.0000010	0.0017793	0.0000050	0.0281350	0.00000010
0.34	0.0112186	0.0000009	0.0015514	0.0000050	0.0316591	0.00000010
0.35629	0.0119706	0.0000009	0.0013229	0.0000050	0.0352753	0.00000010
0.36657	0.0124478	0.0000008	0.0011785	0.0000049	0.0376081	0.00000010
0.3856	0.0132958	0.0000008	0.0009650	0.0000055	0.0421241	0.00000010
0.40464	0.0140531	0.0000008	0.0008822	0.0000076	0.0470130	0.00000010
0.41669	0.0145385	0.0000009	0.0008296	0.0000090	0.0502117	0.00000010
0.4391	0.0154523	0.0000012	0.0007318	0.0000116	0.0563830	0.00000011
0.4615	0.0163827	0.0000015	0.0006337	0.0000144	0.0628817	0.00000012
0.47576	0.0168775	0.0000015	0.0005544	0.0000132	0.0668815	0.00000011
0.50237	0.0175273	0.0000008	0.0003590	0.0000024	0.0738545	0.00000008
0.52899	0.0182029	0.0000014	0.0001621	0.0000091	0.0814065	0.00000016
0.54603	0.0186490	0.0000021	0.0000352	0.0000169	0.0865799	0.00000023
0.57798	0.0189761	0.0000024	0.0000485	0.0000210	0.0943670	0.00000025
0.60993	0.0189018	0.0000017	0.0000110	0.0000164	0.1008817	0.00000019
0.63053	0.0188577	0.0000012	0.0000140	0.0000133	0.1055280	0.00000016
0.66936	0.0183653	0.0000008	0.0000348	0.0000107	0.1121963	0.00000011
0.70819	0.0174320	0.0000007	0.0000297	0.0000114	0.1166164	0.00000008
0.73344	0.0168034	0.0000007	0.0000264	0.0000121	0.1199571	0.00000007
0.78137	0.0148509	0.0000004	0.0000247	0.0000117	0.1209267	0.00000005
0.82929	0.0126896	0.0000011	0.0000237	0.0000112	0.1213282	0.00000003
0.86072	0.0114722	0.0000011	0.0000191	0.0000127	0.1222911	0.00000003
0.9208	0.0090599	0.0000010	0.0000099	0.0000180	0.1257543	0.00000004
0.98088	0.0070091	0.0000017	0.0000026	0.0000242	0.1372502	0.00000006
1.01737	0.0056813	0.0000023	0.0000046	0.0000317	0.1503226	0.00000007
1.08267	0.0029233	0.0000040	0.0000128	0.0000720	0.2104670	0.00000014
1.14797	0.0056153	0.0000178	0.0000372	0.0006276	0.4959274	0.00000037
1.17117	0.0136885	0.0000304	0.0000512	0.0012959	0.6621284	0.00000051
1.18557	0.0140436	0.0000192	0.0000412	0.0008930	0.5281377	0.00000043
1.19998	0.0117867	0.0000091	0.0000282	0.0004498	0.3611871	0.00000030
1.21205	0.0101374	0.0000053	0.0000209	0.0002661	0.2682465	0.00000023
1.2391	0.0078867	0.0000026	0.0000123	0.0001142	0.1588948	0.00000015
1.26616	0.0066616	0.0000019	0.0000082	0.0000679	0.1076960	0.00000011
1.28781	0.0056642	0.0000017	0.0000058	0.0000470	0.0785068	0.00000009
1.33516	0.0037198	0.0000021	0.0000027	0.0000290	0.0384744	0.00000006
1.3825	0.0034120	0.0000026	0.0000024	0.0000268	0.0280190	0.00000005
1.42039	0.0047672	0.0000026	0.0000040	0.0000260	0.0337215	0.00000006
1.50324	0.0055455	0.0000010	0.0000053	0.0000120	0.0288101	0.00000006



1.58609	0.0042832	0.0000009	0.0000056	0.0000010	0.0168500	0.00000004
1.65228	0.0038462	0.0000013	0.0000077	0.0000012	0.0123869	0.00000004
1.79688	0.0031573	0.0000020	0.0000162	0.0000022	0.0068515	0.00000002
1.94147	0.0025711	0.0000063	0.0000224	0.0000064	0.0040045	0.00000003
1.99098	0.0023827	0.0000094	0.0000240	0.0000092	0.0033643	0.00000002
2.01652	0.0024224	0.0000103	0.0000263	0.0000095	0.0032193	0.00000002
2.04206	0.0025031	0.0000106	0.0000274	0.0000092	0.0031100	0.00000002
	0.01898	0.00003	0.00839	0.00130	0.66213	0.000000513

RAO Moored						
Freq	45 deg					
	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.00113	0	0	0	0	0	0
0.00501	0	0	0	0	0	0
0.00888	0	0	0	0	0	0
0.01115	0.00006239	0.00006242	0.00838872	0.00006081	0.00006106	0.00000001
0.01506	0.00011385	0.00011390	0.00838885	0.00011099	0.00011143	0.00000001
0.01897	0.00018068	0.00018076	0.00838902	0.00017615	0.00017686	0.00000002
0.02126	0.00021640	0.00021650	0.00836932	0.00021475	0.00021557	0.00000003
0.02521	0.00026532	0.00026544	0.00830741	0.00027433	0.00027525	0.00000003
0.02916	0.00031426	0.00031440	0.00824553	0.00033395	0.00033499	0.00000003
0.03147	0.00034288	0.00034303	0.00820936	0.00036885	0.00036996	0.00000003
0.03546	0.00039231	0.00039248	0.00814692	0.00042914	0.00043039	0.00000003
0.03945	0.00044175	0.00044194	0.00808451	0.00048949	0.00049086	0.00000002
0.04179	0.00047067	0.00047087	0.00804803	0.00052481	0.00052626	0.00000002
0.04582	0.00052061	0.00052084	0.00798505	0.00058584	0.00058743	0.00000002
0.04985	0.00057056	0.00057081	0.00792210	0.00064693	0.00064865	0.00000002
0.0522	0.00059978	0.00060005	0.00788530	0.00068269	0.00068450	0.00000002
0.05628	0.00065025	0.00065054	0.00782178	0.00074450	0.00074644	0.00000002
0.06035	0.00070073	0.00070104	0.00775828	0.00080638	0.00080847	0.00000002
0.06273	0.00073026	0.00073058	0.00772115	0.00084261	0.00084478	0.00000002
0.06684	0.00078126	0.00078160	0.00765707	0.00090524	0.00090755	0.00000002
0.07095	0.00083228	0.00083264	0.00759302	0.00096796	0.00097041	0.00000002
0.07335	0.00086212	0.00086250	0.00755557	0.00100468	0.00100722	0.00000002
0.07751	0.00091367	0.00091407	0.00749091	0.00106818	0.00107087	0.00000002
0.08166	0.00096523	0.00096565	0.00742629	0.00113179	0.00113462	0.00000002
0.08409	0.00099540	0.00099583	0.00738850	0.00116904	0.00117196	0.00000002
0.08828	0.00104751	0.00104796	0.00732327	0.00123346	0.00123653	0.00000002
0.09248	0.00109963	0.00110011	0.00725806	0.00129801	0.00130123	0.00000002
0.09493	0.00113014	0.00113063	0.00721992	0.00133584	0.00133914	0.00000002
0.09917	0.00118286	0.00118337	0.00715405	0.00140129	0.00140475	0.00000002
0.10341	0.00123559	0.00123613	0.00708820	0.00146689	0.00147049	0.00000002
0.10594	0.00126716	0.00126771	0.00704880	0.00150622	0.00150991	0.00000002
0.11042	0.00132774	0.00132832	0.00697389	0.00158886	0.00159273	0.00000002
0.1149	0.00143449	0.00143509	0.00684756	0.00179703	0.00180110	0.00000002
0.11767	0.00150042	0.00150103	0.00676957	0.00192576	0.00192996	0.00000002
0.12269	0.00162023	0.00162088	0.00662787	0.00216008	0.00216451	0.00000002
0.12772	0.00174011	0.00174080	0.00648618	0.00239499	0.00239966	0.00000002
0.13082	0.00181426	0.00181496	0.00639858	0.00254053	0.00254535	0.00000002



0.13647	0.00194919	0.00194993	0.00623922	0.00280591	0.00281100	0.0000002
0.14212	0.00208422	0.00208499	0.00607985	0.00307216	0.00307752	0.0000002
0.14562	0.00216784	0.00216864	0.00598118	0.00323744	0.00324296	0.0000002
0.15199	0.00232024	0.00232107	0.00580148	0.00353936	0.00354519	0.0000002
0.15836	0.00247275	0.00247363	0.00562175	0.00384254	0.00384868	0.0000002
0.1623	0.00256737	0.00256828	0.00551031	0.00403117	0.00403750	0.0000002
0.1695	0.00274004	0.00274099	0.00530706	0.00437651	0.00438318	0.0000002
0.1767	0.00291290	0.00291389	0.00510374	0.00472373	0.00473075	0.0000002
0.18117	0.00302033	0.00302135	0.00497745	0.00494033	0.00494757	0.0000002
0.18934	0.00321671	0.00321779	0.00474676	0.00533792	0.00534555	0.0000002
0.1975	0.00341336	0.00341449	0.00451595	0.00573831	0.00574635	0.0000002
0.20258	0.00355450	0.00355565	0.00438256	0.00610974	0.00611797	0.0000002
0.21187	0.00384611	0.00384728	0.00415670	0.00700864	0.00701707	0.0000002
0.22115	0.00413826	0.00413944	0.00393067	0.00791484	0.00792350	0.0000002
0.22695	0.00432067	0.00432187	0.00378967	0.00848372	0.00849251	0.0000002
0.23756	0.00465552	0.00465674	0.00353110	0.00953446	0.00954349	0.0000002
0.24817	0.00499117	0.00499241	0.00327227	0.01059659	0.01060587	0.0000003
0.2548	0.00520136	0.00520261	0.00311036	0.01126649	0.01127592	0.0000003
0.26698	0.00558823	0.00558950	0.00281274	0.01250971	0.01251942	0.0000003
0.27915	0.00597635	0.00597764	0.00251466	0.01377104	0.01378103	0.0000003
0.28678	0.00622023	0.00622153	0.00232763	0.01457127	0.01458143	0.0000003
0.30083	0.00666932	0.00667054	0.00209810	0.01648375	0.01649377	0.0000003
0.31487	0.00712030	0.00712142	0.00190237	0.01855818	0.01856791	0.0000003
0.3237	0.00740502	0.00740608	0.00177914	0.01988341	0.01989293	0.0000003
0.34	0.00793318	0.00793411	0.00155125	0.02237568	0.02238481	0.0000003
0.35629	0.00846503	0.00846583	0.00132275	0.02493308	0.02494178	0.0000003
0.36657	0.00880260	0.00880332	0.00117825	0.02658288	0.02659129	0.0000003
0.3856	0.00940240	0.00940294	0.00096474	0.02977693	0.02978474	0.0000003
0.40464	0.00993812	0.00993845	0.00088194	0.03323532	0.03324236	0.0000003
0.41669	0.01028148	0.01028167	0.00082937	0.03549808	0.03550459	0.0000003
0.4391	0.01092794	0.01092787	0.00073150	0.03986373	0.03986914	0.0000003
0.4615	0.01158605	0.01158571	0.00063337	0.04446111	0.04446527	0.0000003
0.47576	0.01193618	0.01193574	0.00055397	0.04729179	0.04729452	0.0000003
0.50237	0.01239628	0.01239576	0.00035862	0.05223017	0.05222849	0.0000002
0.52899	0.01287472	0.01287401	0.00016171	0.05757884	0.05757225	0.0000002
0.54603	0.01319061	0.01318969	0.00003478	0.06124303	0.06123297	0.0000002
0.57798	0.01342290	0.01342156	0.00004894	0.06676038	0.06674584	0.0000002
0.60993	0.01337133	0.01336960	0.00001139	0.07137801	0.07136031	0.0000002
0.63053	0.01334082	0.01333882	0.00001365	0.07467126	0.07465105	0.0000001
0.66936	0.01299410	0.01299168	0.00003445	0.07940610	0.07938007	0.0000001
0.70819	0.01233592	0.01233308	0.00002951	0.08255756	0.08252422	0.0000000
0.73344	0.01189252	0.01188933	0.00002632	0.08493875	0.08489975	0.0000000
0.78137	0.01051748	0.01051318	0.00002487	0.08568537	0.08564051	0.0000000
0.82929	0.00899518	0.00898954	0.00002429	0.08604789	0.08599655	0.0000000
0.86072	0.00813558	0.00812946	0.00001985	0.08678149	0.08671966	0.0000000
0.9208	0.00643143	0.00642400	0.00001108	0.08936523	0.08927462	0.0000001
0.98088	0.00498059	0.00496912	0.00000334	0.09769692	0.09757525	0.0000001
1.01737	0.00404227	0.00402734	0.00000172	0.10721179	0.10704852	0.0000001
1.08267	0.00209453	0.00206663	0.00000792	0.15160367	0.15115872	0.0000003
1.14797	0.00409437	0.00421727	0.00002366	0.36329359	0.36072764	0.0000007
1.17117	0.01000541	0.01012556	0.00003218	0.48284674	0.48337948	0.00000105



1.18557	0.01028096	0.01030683	0.00002565	0.38321367	0.38627875	0.0000009
1.19998	0.00865302	0.00865806	0.00001733	0.26277971	0.26495394	0.0000006
1.21205	0.00746084	0.00746561	0.00001267	0.19587220	0.19728532	0.0000005
1.2391	0.00582782	0.00583352	0.00000714	0.11671942	0.11734633	0.0000003
1.26616	0.00492585	0.00493086	0.00000446	0.07924592	0.07959386	0.0000002
1.28781	0.00419755	0.00420193	0.00000290	0.05793763	0.05815931	0.0000002
1.33516	0.00275508	0.00275698	0.00000071	0.02839997	0.02849679	0.0000001
1.3825	0.00236718	0.00236757	0.00000025	0.01934119	0.01940908	0.0000001
1.42039	0.00326969	0.00327168	0.00000135	0.02305853	0.02312324	0.0000001
1.50324	0.00400665	0.00401088	0.00000280	0.02081046	0.02085278	0.0000001
1.58609	0.00304460	0.00304966	0.00000434	0.01198083	0.01199739	0.0000001
1.65228	0.00273060	0.00273659	0.00000719	0.00879187	0.00880061	0.0000001
1.79688	0.00224234	0.00224930	0.00001548	0.00487661	0.00487796	0.0000001
1.94147	0.00184063	0.00184960	0.00002297	0.00286151	0.00285836	0.0000001
1.99098	0.00174791	0.00175579	0.00002004	0.00243195	0.00242937	0.0000001
2.01652	0.00179104	0.00179876	0.00002005	0.00233662	0.00233443	0.0000001
2.04206	0.00185073	0.00185875	0.00002090	0.00225746	0.00225539	0.0000001
max	0.01342	0.01342	0.00839	0.48285	0.48338	0.00000105

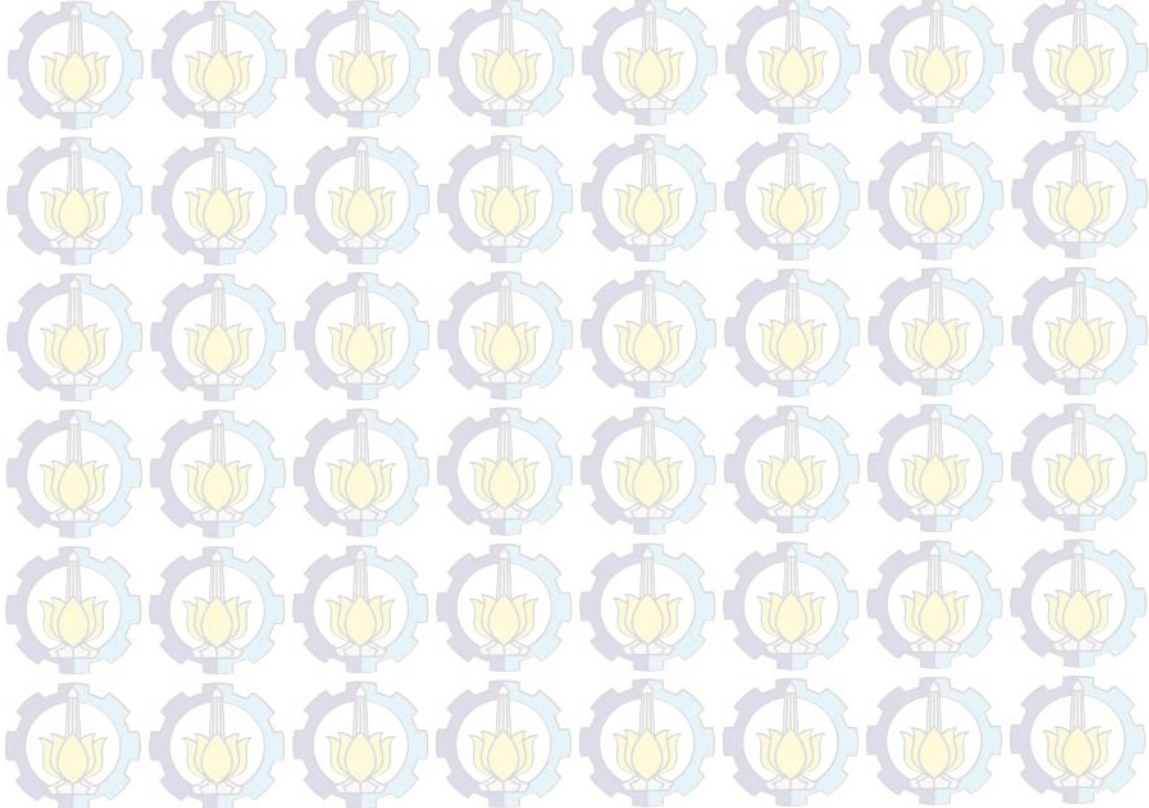
RAO Moored						
Freq	90 deg					
	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.00113	0	0	0	0	0	0
0.00501	0	0	0	0	0	0
0.00888	0	0	0	0	0	0
0.01115	0.00000663	0.0000883	0.008389	0.000085949	0.000004248	0.000000080
0.01506	0.000001209	0.0001611	0.008389	0.000156861	0.000007746	0.000000147
0.01897	0.000001918	0.0002556	0.008389	0.000248961	0.000012289	0.000000233
0.02126	0.000002127	0.0003062	0.008369	0.000303556	0.000013623	0.000000258
0.02521	0.000002110	0.0003754	0.008307	0.000387861	0.000013516	0.000000256
0.02916	0.000002093	0.0004446	0.008246	0.000472223	0.000013409	0.000000254
0.03147	0.000002083	0.0004851	0.008209	0.000521593	0.000013347	0.000000253
0.03546	0.000002067	0.0005551	0.008147	0.000606891	0.000013239	0.000000251
0.03945	0.000002050	0.0006250	0.008084	0.000692254	0.000013132	0.000000249
0.04179	0.000002040	0.0006660	0.008048	0.000742215	0.000013070	0.000000248
0.04582	0.000002023	0.0007366	0.007985	0.000828547	0.000012962	0.000000246
0.04985	0.000002006	0.0008073	0.007922	0.000914961	0.000012855	0.000000244
0.0522	0.000001996	0.0008486	0.007885	0.000965545	0.000012792	0.000000243
0.05628	0.000001979	0.0009201	0.007822	0.001052970	0.000012684	0.000000242
0.06035	0.000001962	0.0009915	0.007758	0.001140498	0.000012577	0.000000240
0.06273	0.000001952	0.0010333	0.007721	0.001191744	0.000012514	0.000000239
0.06684	0.000001935	0.0011054	0.007657	0.001280327	0.000012406	0.000000238
0.07095	0.000001918	0.0011776	0.007593	0.001369037	0.000012297	0.000000236
0.07335	0.000001908	0.0012198	0.007556	0.001420985	0.000012234	0.000000236
0.07751	0.000001891	0.0012928	0.007491	0.001510799	0.000012126	0.000000234
0.08166	0.000001873	0.0013657	0.007426	0.001600764	0.000012017	0.000000233
0.08409	0.000001863	0.0014084	0.007388	0.001653456	0.000011954	0.000000233
0.08828	0.000001846	0.0014821	0.007323	0.001744578	0.000011844	0.000000232
0.09248	0.000001828	0.0015559	0.007258	0.001835875	0.000011735	0.000000231



0.09493	0.000001818	0.0015990	0.007220	0.001889378	0.000011672	0.000000230
0.09917	0.000001801	0.0016736	0.007154	0.001981956	0.000011562	0.000000230
0.10341	0.000001783	0.0017483	0.007088	0.002074736	0.000011452	0.000000229
0.10594	0.000001773	0.0017929	0.007049	0.002130363	0.000011387	0.000000229
0.11042	0.000001753	0.0018786	0.006974	0.002247258	0.000011263	0.000000228
0.1149	0.000001720	0.0020296	0.006848	0.002541672	0.000011060	0.000000226
0.11767	0.000001700	0.0021229	0.006770	0.002723743	0.000010935	0.000000225
0.12269	0.000001664	0.0022924	0.006628	0.003055147	0.000010707	0.000000224
0.12772	0.000001627	0.0024620	0.006486	0.003387393	0.000010479	0.000000223
0.13082	0.000001605	0.0025669	0.006399	0.003593240	0.000010339	0.000000222
0.13647	0.000001564	0.0027578	0.006239	0.003968580	0.000010083	0.000000222
0.14212	0.000001523	0.0029488	0.006080	0.004345145	0.000009827	0.000000222
0.14562	0.000001498	0.0030671	0.005981	0.004578896	0.000009668	0.000000222
0.15199	0.000001452	0.0032827	0.005801	0.005005905	0.000009380	0.000000223
0.15836	0.000001406	0.0034984	0.005622	0.005434715	0.000009091	0.000000224
0.1623	0.000001378	0.0036323	0.005510	0.005701498	0.000008911	0.000000226
0.1695	0.000001327	0.0038765	0.005307	0.006189915	0.000008584	0.000000229
0.1767	0.000001275	0.0041211	0.005104	0.006680994	0.000008256	0.000000232
0.18117	0.000001244	0.0042730	0.004977	0.006987337	0.000008053	0.000000235
0.18934	0.000001186	0.0045509	0.004747	0.007549656	0.000007680	0.000000241
0.1975	0.000001129	0.0048291	0.004516	0.008115947	0.000007307	0.000000247
0.20258	0.000001093	0.0050287	0.004382	0.008641271	0.000007116	0.000000250
0.21187	0.000001029	0.0054411	0.004157	0.009912598	0.000006844	0.000000254
0.22115	0.000000965	0.0058543	0.003931	0.011194268	0.000006571	0.000000259
0.22695	0.000000926	0.0061122	0.003790	0.011998842	0.000006400	0.000000263
0.23756	0.000000854	0.0065858	0.003531	0.013484919	0.000006087	0.000000270
0.24817	0.000000784	0.0070605	0.003272	0.014987118	0.000005773	0.000000278
0.2548	0.000000740	0.0073577	0.003110	0.015934562	0.000005577	0.000000283
0.26698	0.000000663	0.0079049	0.002813	0.017692871	0.000005215	0.000000294
0.27915	0.000000590	0.0084538	0.002515	0.019476786	0.000004852	0.000000306
0.28678	0.000000546	0.0087987	0.002328	0.020608557	0.000004624	0.000000313
0.30083	0.000000448	0.0094336	0.002098	0.023313222	0.000004594	0.000000316
0.31487	0.000000365	0.0100711	0.001902	0.026246894	0.000004683	0.000000316
0.3237	0.000000332	0.0104736	0.001779	0.028121023	0.000004740	0.000000317
0.34	0.000000330	0.0112202	0.001551	0.031645581	0.000004849	0.000000318
0.35629	0.000000403	0.0119721	0.001323	0.035262231	0.000004963	0.000000320
0.36657	0.000000473	0.0124493	0.001178	0.037595358	0.000005037	0.000000322
0.3856	0.000000753	0.0132971	0.000965	0.042112108	0.000005802	0.000000323
0.40464	0.000001404	0.0140541	0.000882	0.047002066	0.000008126	0.000000318
0.41669	0.000001836	0.0145392	0.000829	0.050201494	0.000009646	0.000000317
0.4391	0.000002653	0.0154527	0.000731	0.056374300	0.000012575	0.000000319
0.4615	0.000003485	0.0163827	0.000633	0.062874772	0.000015646	0.000000326
0.47576	0.000003228	0.0168774	0.000554	0.066876389	0.000014561	0.000000308
0.50237	0.000000711	0.0175270	0.000359	0.073854856	0.000003836	0.000000220
0.52899	0.000002324	0.0182024	0.000162	0.081412956	0.000008359	0.000000169
0.54603	0.000004063	0.0186482	0.000035	0.086590655	0.000016138	0.000000172
0.57798	0.000004726	0.0189748	0.000048	0.094383702	0.000020031	0.000000168
0.60993	0.000003323	0.0188998	0.000011	0.100902982	0.000014837	0.000000116
0.63053	0.000002416	0.0188553	0.000015	0.105552904	0.000011317	0.000000085
0.66936	0.000001412	0.0183620	0.000036	0.112228654	0.000007196	0.000000048
0.70819	0.000001159	0.0174276	0.000031	0.116657235	0.000005721	0.000000028



0.73344	0.000001055	0.0167982	0.000028	0.120004691	0.000004713	0.000000018
0.78137	0.000000908	0.0148451	0.000027	0.120986134	0.000006787	0.000000017
0.82929	0.000000759	0.0126832	0.000027	0.121402025	0.000010463	0.000000032
0.86072	0.000000949	0.0114648	0.000023	0.122378208	0.000009186	0.000000040
0.9208	0.000001512	0.0090499	0.000015	0.125877500	0.000005808	0.000000059
0.98088	0.000001612	0.0069940	0.000008	0.137426913	0.000011358	0.000000097
1.01737	0.000001841	0.0056617	0.000004	0.150567845	0.000019553	0.000000129
1.08267	0.000003407	0.0028858	0.000002	0.211144939	0.000071275	0.000000232
1.14797	0.000015757	0.0057843	0.000005	0.499501407	0.000527046	0.000000656
1.17117	0.000025221	0.0138564	0.000008	0.661578774	0.001003466	0.000000935
1.18557	0.000015405	0.0140861	0.000008	0.524224520	0.000666659	0.000000778
1.19998	0.000007297	0.0117996	0.000007	0.358410507	0.000340055	0.000000561
1.21205	0.000004084	0.0101487	0.000006	0.266455144	0.000202339	0.000000435
1.2391	0.000001333	0.0078983	0.000005	0.158125818	0.000079616	0.000000285
1.26616	0.000000713	0.0066724	0.000004	0.107289724	0.000037231	0.000000214
1.28781	0.000001178	0.0056741	0.000004	0.078262687	0.000018559	0.000000171
1.33516	0.000002751	0.0037265	0.000003	0.038386345	0.000019107	0.000000109
1.3825	0.000003500	0.0034177	0.000002	0.027962359	0.000022132	0.000000096
1.42039	0.000002595	0.0047732	0.000002	0.033648156	0.000013250	0.000000118
1.50324	0.000000586	0.0055501	0.000001	0.028746549	0.000006595	0.000000121
1.58609	0.000001500	0.0042883	0.000001	0.016821522	0.000006317	0.000000092
1.65228	0.000002128	0.0038517	0.000004	0.012369707	0.000005558	0.000000080
1.79688	0.000003276	0.0031641	0.000013	0.006846091	0.000004148	0.000000063
1.94147	0.000001316	0.0025835	0.000020	0.004008211	0.000002130	0.000000057
1.99098	0.000001211	0.0023986	0.000022	0.003370853	0.000002281	0.000000042
2.01652	0.000001487	0.0024397	0.000025	0.003226293	0.000002324	0.000000042
2.04206	0.000001535	0.0025210	0.000026	0.003116783	0.000002238	0.000000044
2.04206	0.000025221	0.018975	0.00839	0.6615788	0.0010035	9.346E-07





<div>RAO</div> <div>Moored</div> <div>12 Taut</div>						
Freq	0 deg					
	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.00113	0	0	0	0	0	0
0.00501	0	0	0	0	0	0
0.00888	0	0	0	0	0	0
0.01115	5.87E-05	3.97E-07	5.61E-03	2.46E-06	6.08E-05	5.41E-08
0.01506	1.07E-04	7.25E-07	5.61E-03	4.49E-06	1.11E-04	9.88E-08
0.01897	1.70E-04	1.15E-06	5.61E-03	7.12E-06	1.76E-04	1.57E-07
0.02126	2.04E-04	1.28E-06	5.60E-03	7.90E-06	2.15E-04	1.74E-07
0.02521	2.50E-04	1.27E-06	5.55E-03	7.86E-06	2.74E-04	1.72E-07
0.02916	2.96E-04	1.27E-06	5.51E-03	7.81E-06	3.34E-04	1.71E-07
0.03147	3.23E-04	1.26E-06	5.49E-03	7.79E-06	3.68E-04	1.70E-07
0.03546	3.69E-04	1.26E-06	5.45E-03	7.74E-06	4.29E-04	1.68E-07
0.03945	4.16E-04	1.25E-06	5.40E-03	7.70E-06	4.89E-04	1.67E-07
0.04179	4.43E-04	1.25E-06	5.38E-03	7.67E-06	5.24E-04	1.66E-07
0.04582	4.90E-04	1.25E-06	5.34E-03	7.62E-06	5.85E-04	1.64E-07
0.04985	5.37E-04	1.24E-06	5.30E-03	7.58E-06	6.46E-04	1.63E-07
0.0522	5.64E-04	1.24E-06	5.27E-03	7.55E-06	6.81E-04	1.62E-07
0.05628	6.12E-04	1.23E-06	5.23E-03	7.51E-06	7.43E-04	1.60E-07
0.06035	6.59E-04	1.23E-06	5.19E-03	7.46E-06	8.05E-04	1.59E-07
0.06273	6.87E-04	1.22E-06	5.16E-03	7.44E-06	8.41E-04	1.58E-07
0.06684	7.35E-04	1.22E-06	5.12E-03	7.39E-06	9.03E-04	1.57E-07
0.07095	7.83E-04	1.21E-06	5.08E-03	7.35E-06	9.65E-04	1.55E-07
0.07335	8.11E-04	1.21E-06	5.05E-03	7.32E-06	1.00E-03	1.54E-07
0.07751	8.59E-04	1.21E-06	5.01E-03	7.27E-06	1.07E-03	1.53E-07
0.08166	9.08E-04	1.20E-06	4.96E-03	7.23E-06	1.13E-03	1.51E-07
0.08409	9.36E-04	1.20E-06	4.94E-03	7.20E-06	0.001165283	1.50E-07
0.08828	9.85E-04	1.19E-06	4.89E-03	7.16E-06	1.23E-03	1.49E-07
0.09248	1.03E-03	1.19E-06	4.85E-03	7.11E-06	1.29E-03	1.47E-07
0.09493	1.06E-03	1.19E-06	4.82E-03	7.08E-06	1.33E-03	1.46E-07
0.09917	1.11E-03	1.18E-06	4.78E-03	7.04E-06	1.40E-03	1.45E-07
0.10341	1.16E-03	1.18E-06	4.74E-03	6.99E-06	1.46E-03	1.43E-07
0.10594	1.19E-03	1.17E-06	4.71E-03	6.97E-06	1.50E-03	1.42E-07
0.11042	1.25E-03	1.17E-06	4.66E-03	6.91E-06	1.58E-03	1.41E-07
0.1149	1.35E-03	1.16E-06	4.57E-03	6.82E-06	1.79E-03	1.38E-07
0.11767	1.41E-03	1.15E-06	4.52E-03	6.77E-06	1.92E-03	1.36E-07
0.12269	1.52E-03	1.14E-06	4.43E-03	6.66E-06	2.15E-03	1.33E-07
0.12772	1.64E-03	1.13E-06	4.33E-03	6.56E-06	2.38E-03	1.30E-07
0.13082	1.70E-03	1.12E-06	4.27E-03	6.50E-06	2.52E-03	1.28E-07
0.13647	1.83E-03	1.11E-06	4.17E-03	6.38E-06	2.79E-03	1.24E-07
0.14212	1.96E-03	1.10E-06	4.06E-03	6.27E-06	3.05E-03	1.21E-07
0.14562	2.04E-03	1.09E-06	3.99E-03	6.20E-06	3.21E-03	1.19E-07
0.15199	2.18E-03	1.08E-06	3.87E-03	6.07E-06	3.51E-03	1.15E-07
0.15836	2.32E-03	1.07E-06	3.75E-03	5.94E-06	3.81E-03	1.12E-07
0.1623	2.41E-03	1.06E-06	3.68E-03	5.86E-06	3.99E-03	1.09E-07
0.1695	2.57E-03	1.05E-06	3.54E-03	5.71E-06	4.33E-03	1.05E-07
0.1767	2.73E-03	1.03E-06	3.41E-03	5.56E-06	4.67E-03	1.01E-07
0.18117	2.83E-03	1.02E-06	3.32E-03	5.47E-06	4.89E-03	9.91E-08
0.18934	3.02E-03	1.01E-06	3.17E-03	5.31E-06	5.28E-03	9.49E-08



0.1975	3.20E-03	9.91E-07	3.01E-03	5.14E-06	5.67E-03	9.09E-08
0.20258	3.33E-03	9.80E-07	2.92E-03	5.05E-06	6.03E-03	8.88E-08
0.21187	3.61E-03	9.55E-07	2.77E-03	4.89E-06	6.91E-03	8.56E-08
0.22115	3.88E-03	9.31E-07	2.62E-03	4.73E-06	7.79E-03	8.26E-08
0.22695	4.05E-03	9.16E-07	2.53E-03	4.63E-06	8.35E-03	8.09E-08
0.23756	4.36E-03	8.89E-07	2.35E-03	4.45E-06	9.37E-03	7.79E-08
0.24817	4.67E-03	8.63E-07	2.18E-03	4.26E-06	1.04E-02	7.54E-08
0.2548	4.87E-03	8.47E-07	2.07E-03	4.15E-06	1.10E-02	7.41E-08
0.26698	5.23E-03	8.19E-07	1.87E-03	3.94E-06	1.22E-02	7.20E-08
0.27915	5.59E-03	7.92E-07	1.67E-03	3.73E-06	1.34E-02	7.06E-08
0.28678	5.81E-03	7.75E-07	1.55E-03	3.59E-06	1.42E-02	7.01E-08
0.30083	6.23E-03	7.29E-07	1.40E-03	3.51E-06	1.60E-02	6.90E-08
0.31487	6.64E-03	6.81E-07	1.27E-03	3.48E-06	1.80E-02	6.81E-08
0.3237	6.91E-03	6.52E-07	1.18E-03	3.46E-06	1.93E-02	6.77E-08
0.34	7.39E-03	6.03E-07	1.03E-03	3.42E-06	2.16E-02	6.72E-08
0.35629	7.88E-03	5.61E-07	8.79E-04	3.39E-06	2.40E-02	6.72E-08
0.36657	8.19E-03	5.39E-07	7.82E-04	3.37E-06	2.55E-02	6.74E-08
0.3856	8.74E-03	4.94E-07	6.40E-04	3.75E-06	2.85E-02	6.68E-08
0.40464	9.22E-03	4.90E-07	5.85E-04	5.16E-06	0.031605702	6.55E-08
0.41669	9.53E-03	5.45E-07	5.50E-04	6.06E-06	3.36E-02	6.68E-08
0.4391	1.01E-02	7.30E-07	4.84E-04	7.78E-06	3.75E-02	7.32E-08
0.4615	1.07E-02	9.68E-07	4.19E-04	9.56E-06	4.16E-02	8.37E-08
0.47576	1.10E-02	9.17E-07	3.66E-04	8.73E-06	0.044010367	7.56E-08
0.50237	1.14E-02	4.67E-07	2.37E-04	1.59E-06	4.82E-02	5.52E-08
0.52899	1.18E-02	9.10E-07	1.07E-04	5.83E-06	5.25E-02	1.09E-07
0.54603	1.21E-02	1.37E-06	2.32E-05	1.07E-05	5.55E-02	1.54E-07
0.57798	1.23E-02	1.52E-06	3.18E-05	1.31E-05	5.96E-02	1.71E-07
0.60993	0.012205983	1.08E-06	7.12E-06	9.95E-06	6.28E-02	1.33E-07
0.63053	1.22E-02	7.96E-07	9.45E-06	7.85E-06	6.51E-02	1.08E-07
0.66936	1.18E-02	5.08E-07	2.30E-05	5.81E-06	6.77E-02	7.68E-08
0.70819	0.011251432	5.11E-07	1.98E-05	5.80E-06	6.88E-02	6.05E-08
0.73344	1.09E-02	5.48E-07	1.77E-05	5.84E-06	6.96E-02	4.99E-08
0.78137	9.66E-03	1.62E-07	1.67E-05	4.86E-06	6.77E-02	3.66E-08
0.82929	8.35E-03	5.15E-07	1.63E-05	3.66E-06	6.51E-02	2.50E-08
0.86076	7.62E-03	4.75E-07	1.34E-05	3.78E-06	6.34E-02	1.96E-08
0.92098	6.22E-03	3.95E-07	7.86E-06	4.62E-06	5.99E-02	1.05E-08
0.98119	5.12E-03	6.13E-07	3.19E-06	3.98E-06	5.76E-02	9.97E-09
1.02107	4.46E-03	7.68E-07	8.22E-07	3.73E-06	5.66E-02	1.38E-08
1.09789	3.43E-03	8.82E-07	2.56E-06	4.03E-06	5.75E-02	2.71E-08
1.17471	2.57E-03	7.79E-07	4.17E-06	1.34E-05	6.35E-02	2.50E-08
1.2116	2.18E-03	9.50E-07	4.94E-06	1.96E-05	7.04E-02	2.94E-08
1.26156	1.61E-03	1.48E-06	6.51E-06	3.35E-05	9.06E-02	4.57E-08
1.31151	8.93E-04	4.62E-06	1.66E-05	3.58E-04	0.252506256	1.57E-07
1.32918	7.68E-04	8.99E-06	2.78E-05	1.32E-03	0.44188869	3.02E-07
1.33993	1.18E-03	3.91E-06	1.45E-05	4.54E-04	0.236587003	1.73E-07
1.35069	1.18E-03	2.28E-06	8.49E-06	2.08E-04	0.141779363	1.11E-07
1.35918	1.15E-03	1.74E-06	6.20E-06	1.41E-04	0.104939625	8.69E-08
1.3776	1.40E-03	1.47E-06	5.22E-06	1.12E-04	8.56E-02	7.54E-08
1.39603	2.45E-03	2.07E-06	7.68E-06	1.61E-04	0.114353366	9.76E-08
1.40822	3.67E-03	3.50E-06	1.04E-05	2.31E-04	0.147312716	1.23E-07
1.43169	9.91E-03	2.10E-05	2.41E-05	7.99E-04	0.312255025	2.51E-07



1.45515	1.57E-02	4.80E-05	3.33E-05	1.07E-03	0.403540641	3.14E-07
1.46486	0.017031891	5.29E-05	3.40E-05	1.10E-03	0.405375719	3.20E-07
1.47473	0.023218522	8.82E-05	4.36E-05	1.94E-03	0.510798275	4.18E-07
1.48461	1.65E-02	4.01E-05	2.94E-05	9.28E-04	0.337740928	2.87E-07
1.49262	1.19E-02	1.92E-05	2.04E-05	4.60E-04	0.229994833	2.02E-07
1.51027	7.24E-03	5.54E-06	1.16E-05	1.48E-04	0.124699309	1.18E-07
1.52792	5.31E-03	1.99E-06	8.13E-06	6.44E-05	8.23E-02	8.32E-08
1.54203	4.45E-03	8.16E-07	6.65E-06	3.61E-05	6.38E-02	6.80E-08
1.57287	3.53E-03	3.49E-07	5.35E-06	1.47E-05	4.32E-02	5.09E-08
1.60371	3.02E-03	5.82E-07	4.97E-06	6.55E-06	3.21E-02	4.14E-08
1.62839	2.76E-03	7.71E-07	4.99E-06	3.05E-06	2.66E-02	3.64E-08
1.68236	2.32E-03	7.05E-07	5.68E-06	7.49E-07	0.018167146	2.75E-08
1.73632	2.08E-03	6.29E-07	7.03E-06	5.19E-07	1.36E-02	2.17E-08
1.7795	1.86E-03	9.99E-07	8.01E-06	2.13E-06	1.07E-02	1.91E-08
1.87394	1.53E-03	2.13E-06	1.10E-05	5.10E-06	6.87E-03	2.10E-08
1.96838	1.22E-03	4.03E-06	9.98E-06	9.95E-06	4.53E-03	1.76E-08
2.00191	1.17E-03	4.95E-06	1.14E-05	1.17E-05	4.08E-03	1.59E-08
2.02268	1.18E-03	5.00E-06	1.15E-05	1.13E-05	3.93E-03	1.58E-08
2.04345	1.19E-03	5.04E-06	1.17E-05	1.09E-05	3.80E-03	1.57E-08
	0.02322	0.00009	0.00561	0.00194	0.51080	4.181E-07

RAO Moored						
Freq	45 deg					
	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.00113	0	0	0	0	0	0
0.00501	0	0	0	0	0	0
0.00888	0	0	0	0	0	0
0.01115	4.15E-05	4.15E-05	5.61E-03	4.28E-05	4.30E-05	5.42E-08
0.01506	7.58E-05	7.58E-05	5.61E-03	7.82E-05	7.85E-05	9.89E-08
0.01897	1.20E-04	1.20E-04	5.61E-03	1.24E-04	1.25E-04	1.57E-07
0.02126	1.44E-04	1.44E-04	5.60E-03	1.51E-04	1.52E-04	1.74E-07
0.02521	1.77E-04	1.77E-04	5.55E-03	1.93E-04	1.94E-04	1.73E-07
0.02916	2.09E-04	2.09E-04	5.51E-03	2.35E-04	2.36E-04	1.71E-07
0.03147	2.28E-04	2.28E-04	5.49E-03	2.60E-04	2.61E-04	1.70E-07
0.03546	2.61E-04	2.61E-04	5.45E-03	3.02E-04	3.03E-04	1.69E-07
0.03945	2.94E-04	2.94E-04	5.40E-03	3.45E-04	3.46E-04	1.68E-07
0.04179	3.13E-04	3.13E-04	5.38E-03	3.69E-04	3.71E-04	1.67E-07
0.04582	3.46E-04	3.46E-04	5.34E-03	4.12E-04	4.14E-04	1.66E-07
0.04985	3.80E-04	3.80E-04	5.30E-03	4.55E-04	4.57E-04	1.64E-07
0.0522	3.99E-04	3.99E-04	5.27E-03	4.81E-04	4.82E-04	1.64E-07
0.05628	4.33E-04	4.33E-04	5.23E-03	5.24E-04	5.25E-04	1.62E-07
0.06035	4.66E-04	4.66E-04	5.19E-03	5.67E-04	5.69E-04	1.61E-07
0.06273	4.86E-04	4.86E-04	5.16E-03	5.93E-04	5.94E-04	1.61E-07
0.06684	5.20E-04	5.20E-04	5.12E-03	6.37E-04	6.38E-04	1.60E-07
0.07095	5.54E-04	5.54E-04	5.08E-03	6.81E-04	6.83E-04	1.59E-07
0.07335	5.73E-04	5.74E-04	5.05E-03	7.07E-04	7.08E-04	1.58E-07
0.07751	6.08E-04	6.08E-04	5.01E-03	7.51E-04	7.53E-04	1.57E-07
0.08166	6.42E-04	6.42E-04	4.96E-03	7.96E-04	7.98E-04	1.56E-07
0.08409	6.62E-04	6.62E-04	4.94E-03	8.22E-04	8.24E-04	1.56E-07



0.08828	6.97E-04	6.97E-04	4.89E-03	8.67E-04	8.69E-04	1.55E-07
0.09248	7.31E-04	7.32E-04	4.85E-03	9.12E-04	9.14E-04	1.54E-07
0.09493	7.51E-04	7.52E-04	4.82E-03	9.39E-04	9.41E-04	1.53E-07
0.09917	7.86E-04	7.87E-04	4.78E-03	9.84E-04	9.87E-04	1.53E-07
0.10341	8.22E-04	8.22E-04	4.74E-03	1.03E-03	1.03E-03	1.52E-07
0.10594	8.42E-04	8.43E-04	4.71E-03	1.06E-03	1.06E-03	1.52E-07
0.11042	8.83E-04	8.83E-04	4.66E-03	1.12E-03	1.12E-03	1.51E-07
0.1149	9.54E-04	9.54E-04	4.57E-03	1.26E-03	1.26E-03	1.49E-07
0.11767	9.97E-04	9.98E-04	4.52E-03	1.35E-03	1.35E-03	1.49E-07
0.12269	1.08E-03	1.08E-03	4.43E-03	1.52E-03	1.52E-03	1.47E-07
0.12772	1.16E-03	1.16E-03	4.33E-03	1.68E-03	1.68E-03	1.46E-07
0.13082	1.21E-03	1.21E-03	4.27E-03	1.78E-03	1.78E-03	1.45E-07
0.13647	1.29E-03	1.30E-03	4.17E-03	1.97E-03	1.97E-03	1.45E-07
0.14212	1.38E-03	1.38E-03	4.06E-03	2.15E-03	2.16E-03	1.44E-07
0.14562	1.44E-03	1.44E-03	3.99E-03	2.27E-03	2.27E-03	1.44E-07
0.15199	1.54E-03	1.54E-03	3.87E-03	2.48E-03	2.48E-03	1.44E-07
0.15836	1.64E-03	1.64E-03	3.75E-03	2.69E-03	2.69E-03	1.44E-07
0.1623	1.70E-03	1.71E-03	3.68E-03	2.82E-03	2.82E-03	1.44E-07
0.1695	1.82E-03	1.82E-03	3.54E-03	3.06E-03	3.06E-03	1.45E-07
0.1767	1.93E-03	1.93E-03	3.41E-03	3.30E-03	3.30E-03	1.47E-07
0.18117	2.00E-03	2.00E-03	3.32E-03	3.45E-03	3.45E-03	1.48E-07
0.18934	2.13E-03	2.13E-03	3.17E-03	3.72E-03	3.73E-03	1.51E-07
0.1975	2.26E-03	2.26E-03	3.01E-03	4.00E-03	4.01E-03	1.54E-07
0.20258	2.36E-03	2.36E-03	2.92E-03	4.26E-03	4.26E-03	1.55E-07
0.21187	2.55E-03	2.55E-03	2.77E-03	4.88E-03	4.88E-03	1.58E-07
0.22115	2.74E-03	2.74E-03	2.62E-03	5.50E-03	5.51E-03	1.61E-07
0.22695	2.86E-03	2.86E-03	2.53E-03	5.90E-03	5.90E-03	1.63E-07
0.23756	3.08E-03	3.08E-03	2.35E-03	6.62E-03	6.62E-03	1.67E-07
0.24817	3.30E-03	3.30E-03	2.18E-03	7.34E-03	7.35E-03	1.72E-07
0.2548	3.44E-03	3.44E-03	2.07E-03	7.80E-03	7.81E-03	1.75E-07
0.26698	3.70E-03	3.70E-03	1.87E-03	8.65E-03	8.65E-03	1.81E-07
0.27915	3.95E-03	3.95E-03	1.67E-03	9.50E-03	9.51E-03	1.88E-07
0.28678	4.11E-03	4.11E-03	1.55E-03	1.00E-02	1.00E-02	1.93E-07
0.30083	4.40E-03	4.40E-03	1.40E-03	1.13E-02	1.13E-02	1.95E-07
0.31487	4.70E-03	4.70E-03	1.27E-03	1.27E-02	1.27E-02	1.96E-07
0.3237	4.88E-03	0.004884357	1.18E-03	1.36E-02	1.36E-02	1.96E-07
0.34	5.23E-03	5.23E-03	1.03E-03	1.53E-02	1.53E-02	1.98E-07
0.35629	5.57E-03	5.57E-03	8.79E-04	1.70E-02	1.70E-02	1.99E-07
0.36657	5.79E-03	5.79E-03	7.82E-04	1.80E-02	1.80E-02	2.01E-07
0.3856	6.18E-03	6.18E-03	6.40E-04	2.01E-02	2.01E-02	2.01E-07
0.40464	6.52E-03	6.52E-03	5.85E-04	2.23E-02	2.23E-02	1.97E-07
0.41669	6.74E-03	6.74E-03	5.50E-04	2.38E-02	2.38E-02	1.96E-07
0.4391	7.15E-03	7.15E-03	4.84E-04	0.02654082	0.026545126	1.95E-07
0.4615	7.57E-03	7.57E-03	4.19E-04	2.94E-02	2.94E-02	1.98E-07
0.47576	7.79E-03	7.79E-03	3.66E-04	0.031118456	3.11E-02	1.87E-07
0.50237	8.07E-03	8.07E-03	2.37E-04	3.41E-02	3.41E-02	1.39E-07
0.52899	8.36E-03	8.36E-03	1.07E-04	3.72E-02	3.72E-02	1.28E-07
0.54603	8.55E-03	8.55E-03	2.29E-05	3.92E-02	3.92E-02	1.44E-07
0.57798	8.68E-03	8.68E-03	3.21E-05	4.22E-02	4.22E-02	1.47E-07
0.60993	0.008634721	8.63E-03	7.41E-06	4.45E-02	4.44E-02	1.11E-07
0.63053	8.61E-03	0.008607043	9.11E-06	4.60E-02	4.60E-02	8.70E-08



0.66936	8.38E-03	8.38E-03	2.27E-05	4.79E-02	4.79E-02	5.71E-08
0.70819	7.96E-03	7.96E-03	1.95E-05	4.87E-02	4.87E-02	4.07E-08
0.73344	7.69E-03	7.69E-03	1.75E-05	4.93E-02	0.049289808	2.98E-08
0.78137	6.84E-03	6.84E-03	1.66E-05	4.80E-02	4.80E-02	1.73E-08
0.82929	5.92E-03	5.92E-03	1.63E-05	4.62E-02	0.046167079	6.84E-09
0.86076	5.40E-03	5.40E-03	1.35E-05	4.50E-02	4.49E-02	5.55E-09
0.92098	4.41E-03	4.41E-03	8.05E-06	4.26E-02	4.25E-02	1.00E-08
0.98119	3.64E-03	3.64E-03	3.42E-06	4.10E-02	4.10E-02	2.08E-08
1.02107	3.17E-03	3.17E-03	8.48E-07	4.03E-02	4.03E-02	2.87E-08
1.09789	2.47E-03	2.46E-03	1.77E-06	4.14E-02	4.14E-02	4.59E-08
1.17471	1.88E-03	1.87E-03	3.02E-06	0.046427708	4.64E-02	5.30E-08
1.2116	1.61E-03	1.60E-03	3.55E-06	0.051856305	0.051785909	6.53E-08
1.26156	1.19E-03	1.18E-03	4.55E-06	6.72E-02	6.70E-02	1.00E-07
1.31151	6.59E-04	6.23E-04	1.09E-05	0.189905152	0.188544601	3.36E-07
1.32918	5.86E-04	6.53E-04	1.72E-05	0.325486988	0.327919513	6.13E-07
1.33993	8.80E-04	9.10E-04	8.52E-06	0.172552899	0.174340397	3.36E-07
1.35069	8.63E-04	8.80E-04	4.63E-06	0.102587551	0.103401639	2.06E-07
1.35918	8.31E-04	8.42E-04	3.13E-06	7.51E-02	7.56E-02	1.54E-07
1.3776	9.80E-04	9.88E-04	2.40E-06	5.93E-02	0.059644703	1.26E-07
1.39603	1.68E-03	1.69E-03	3.84E-06	0.077627882	7.82E-02	1.70E-07
1.40822	2.50E-03	2.51E-03	5.48E-06	9.96E-02	0.100435928	2.21E-07
1.43169	0.006851677	6.82E-03	1.37E-05	0.213003397	0.215944946	4.84E-07
1.45515	1.13E-02	1.15E-02	2.04E-05	0.295002013	0.290212601	6.74E-07
1.46486	1.24E-02	1.27E-02	2.10E-05	0.299417645	0.294324309	6.94E-07
1.47473	1.68E-02	1.69E-02	2.66E-05	0.36889407	0.370254666	8.85E-07
1.48461	0.01196231	1.18E-02	1.78E-05	0.240469351	0.24452281	5.95E-07
1.49262	8.61E-03	8.54E-03	1.22E-05	0.164152518	0.16647692	4.15E-07
1.51027	5.23E-03	5.21E-03	6.92E-06	8.93E-02	9.01E-02	2.35E-07
1.52792	3.81E-03	3.81E-03	4.87E-06	5.88E-02	5.92E-02	1.62E-07
1.54203	3.18E-03	3.18E-03	4.03E-06	4.54E-02	4.56E-02	1.29E-07
1.57287	2.51E-03	2.51E-03	3.61E-06	3.07E-02	3.08E-02	9.40E-08
1.60371	2.14E-03	2.15E-03	3.81E-06	2.28E-02	2.29E-02	7.53E-08
1.62839	1.96E-03	1.97E-03	4.13E-06	1.88E-02	1.89E-02	6.64E-08
1.68236	1.65E-03	1.65E-03	5.25E-06	1.29E-02	1.29E-02	5.34E-08
1.73632	1.48E-03	0.001479423	6.73E-06	9.65E-03	9.66E-03	4.76E-08
1.7795	1.32E-03	1.32E-03	7.61E-06	7.59E-03	7.59E-03	4.29E-08
1.87394	0.001083332	1.09E-03	1.04E-05	4.89E-03	4.89E-03	4.33E-08
1.96838	8.85E-04	8.89E-04	9.66E-06	3.25E-03	3.25E-03	3.17E-08
2.00191	8.63E-04	8.67E-04	8.73E-06	2.96E-03	0.002958515	2.61E-08
2.02268	8.71E-04	8.74E-04	8.84E-06	0.002853645	2.85E-03	2.61E-08
2.04345	8.78E-04	8.82E-04	8.96E-06	2.75E-03	2.75E-03	2.62E-08
max	0.01683	0.01687	0.00561	0.36889	0.37025	8.851E-07

RAO Moored						
Freq	90 deg					
	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.00113	0	0	0	0	0	0
0.00501	0	0	0	0	0	0
0.00888	0	0	0	0	0	0



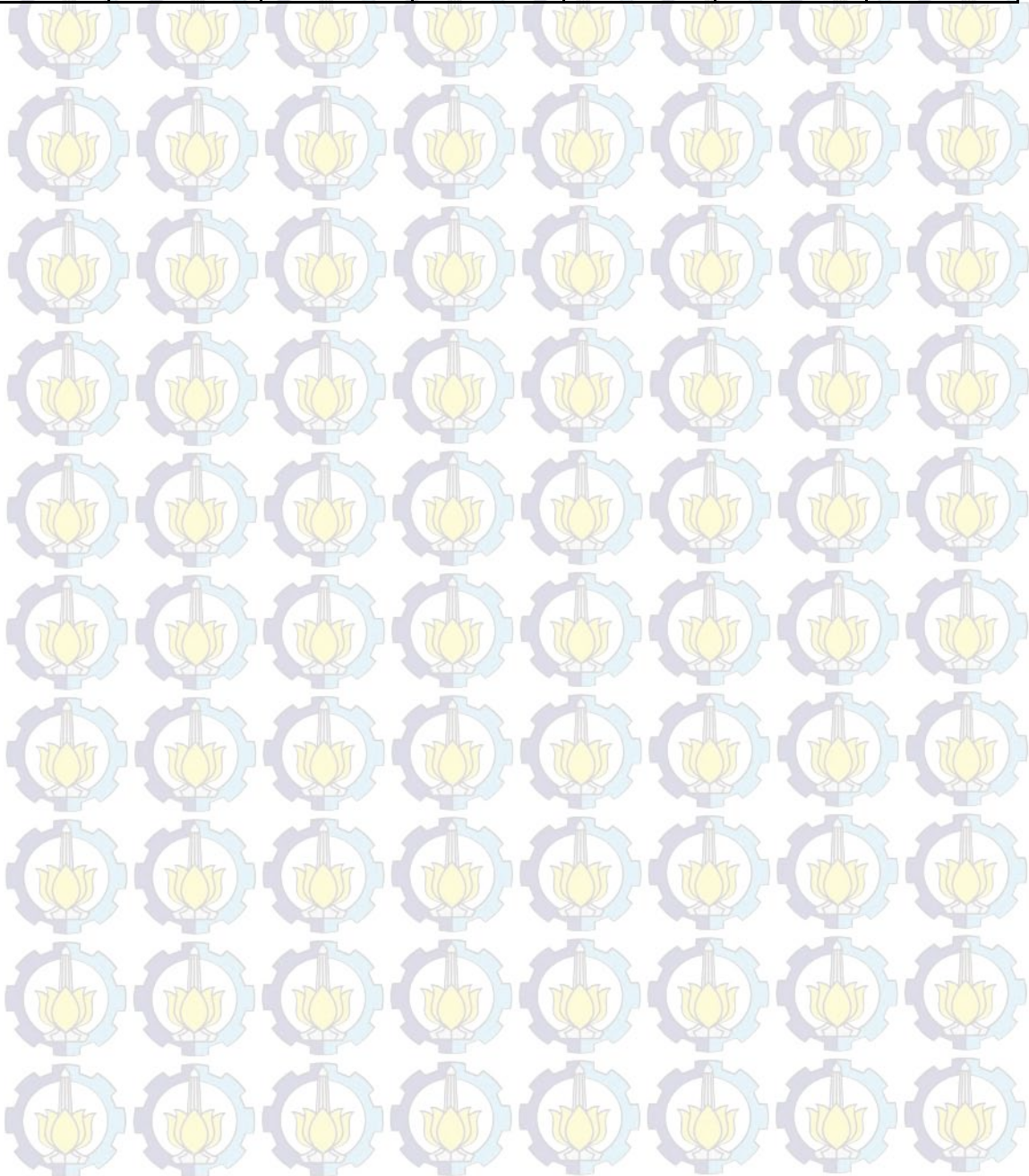
0.01115	4.47E-07	5.87E-05	5.61E-03	6.05E-05	2.99E-06	5.42E-08
0.01506	8.15E-07	1.07E-04	5.61E-03	1.10E-04	5.45E-06	9.90E-08
0.01897	1.29E-06	1.70E-04	5.61E-03	1.75E-04	8.65E-06	1.57E-07
0.02126	1.43E-06	2.04E-04	5.60E-03	2.14E-04	9.59E-06	1.74E-07
0.02521	1.42E-06	2.50E-04	5.55E-03	2.73E-04	9.52E-06	1.73E-07
0.02916	1.41E-06	2.96E-04	5.51E-03	3.33E-04	9.44E-06	1.71E-07
0.03147	1.40E-06	3.23E-04	5.49E-03	3.67E-04	9.40E-06	1.70E-07
0.03546	1.39E-06	3.69E-04	5.45E-03	4.27E-04	9.32E-06	1.69E-07
0.03945	1.38E-06	4.16E-04	5.40E-03	4.87E-04	9.24E-06	1.68E-07
0.04179	1.38E-06	4.43E-04	5.38E-03	5.23E-04	9.20E-06	1.67E-07
0.04582	1.36E-06	0.000490045	5.34E-03	5.83E-04	9.12E-06	1.66E-07
0.04985	1.35E-06	5.37E-04	5.30E-03	6.44E-04	9.05E-06	1.65E-07
0.0522	1.35E-06	5.65E-04	5.27E-03	6.80E-04	9.00E-06	1.64E-07
0.05628	1.33E-06	6.12E-04	5.23E-03	7.41E-04	8.93E-06	1.63E-07
0.06035	1.32E-06	6.60E-04	5.19E-03	8.03E-04	8.85E-06	1.62E-07
0.06273	1.32E-06	6.87E-04	5.16E-03	8.39E-04	8.80E-06	1.61E-07
0.06684	1.30E-06	7.35E-04	5.12E-03	9.01E-04	8.73E-06	1.60E-07
0.07095	1.29E-06	7.83E-04	5.07E-03	9.63E-04	8.65E-06	1.60E-07
0.07335	1.29E-06	8.11E-04	5.05E-03	9.99E-04	8.60E-06	1.59E-07
0.07751	1.27E-06	8.60E-04	5.01E-03	1.06E-03	8.53E-06	1.58E-07
0.08166	1.26E-06	9.08E-04	4.96E-03	1.13E-03	8.45E-06	1.57E-07
0.08409	1.26E-06	9.37E-04	4.94E-03	1.16E-03	8.40E-06	1.57E-07
0.08828	1.24E-06	9.86E-04	4.89E-03	1.23E-03	8.33E-06	1.56E-07
0.09248	1.23E-06	1.03E-03	4.85E-03	1.29E-03	8.25E-06	1.56E-07
0.09493	1.23E-06	1.06E-03	4.82E-03	1.33E-03	8.20E-06	1.55E-07
0.09917	1.21E-06	1.11E-03	4.78E-03	1.39E-03	8.12E-06	1.55E-07
0.10341	1.20E-06	1.16E-03	4.74E-03	1.46E-03	8.04E-06	1.54E-07
0.10594	1.19E-06	1.19E-03	4.71E-03	1.50E-03	8.00E-06	1.54E-07
0.11042	1.18E-06	1.25E-03	4.66E-03	1.58E-03	7.91E-06	1.54E-07
0.1149	1.16E-06	1.35E-03	4.57E-03	1.78E-03	7.76E-06	1.53E-07
0.11767	1.15E-06	1.41E-03	4.52E-03	1.91E-03	7.67E-06	1.52E-07
0.12269	1.12E-06	1.52E-03	4.43E-03	2.14E-03	7.51E-06	1.51E-07
0.12772	1.10E-06	1.64E-03	4.33E-03	2.38E-03	7.35E-06	1.50E-07
0.13082	1.08E-06	1.71E-03	4.27E-03	2.52E-03	7.25E-06	1.50E-07
0.13647	1.05E-06	1.83E-03	4.17E-03	2.78E-03	7.07E-06	1.49E-07
0.14212	1.03E-06	1.96E-03	4.06E-03	3.04E-03	6.89E-06	1.49E-07
0.14562	1.01E-06	2.04E-03	3.99E-03	3.21E-03	6.77E-06	1.50E-07
0.15199	9.77E-07	2.18E-03	3.87E-03	3.50E-03	6.57E-06	1.50E-07
0.15836	9.46E-07	2.32E-03	3.75E-03	3.80E-03	6.36E-06	1.51E-07
0.1623	9.27E-07	2.41E-03	3.68E-03	3.99E-03	6.23E-06	1.52E-07
0.1695	8.93E-07	2.57E-03	3.54E-03	4.33E-03	6.00E-06	1.54E-07
0.1767	8.58E-07	2.73E-03	3.41E-03	4.67E-03	5.77E-06	1.57E-07
0.18117	8.36E-07	2.84E-03	3.32E-03	4.88E-03	5.62E-06	1.58E-07
0.18934	7.97E-07	3.02E-03	3.17E-03	5.27E-03	5.36E-06	1.62E-07
0.1975	7.59E-07	3.20E-03	3.01E-03	5.66E-03	5.09E-06	1.66E-07
0.20258	7.35E-07	3.33E-03	0.002923863	6.02E-03	4.96E-06	1.69E-07
0.21187	6.91E-07	3.61E-03	2.77E-03	6.90E-03	4.76E-06	1.71E-07
0.22115	6.48E-07	3.88E-03	2.62E-03	7.78E-03	4.57E-06	1.75E-07
0.22695	6.22E-07	4.05E-03	2.53E-03	8.34E-03	4.45E-06	1.77E-07
0.23756	5.73E-07	4.36E-03	2.35E-03	9.36E-03	4.23E-06	1.82E-07
0.24817	5.26E-07	4.67E-03	2.18E-03	1.04E-02	4.00E-06	1.87E-07



0.2548	4.96E-07	4.87E-03	2.07E-03	1.10E-02	3.86E-06	1.91E-07
0.26698	4.44E-07	5.23E-03	1.87E-03	1.22E-02	3.61E-06	1.98E-07
0.27915	3.94E-07	5.59E-03	1.67E-03	0.013436072	3.35E-06	2.06E-07
0.28678	3.64E-07	5.81E-03	1.55E-03	1.42E-02	3.19E-06	2.11E-07
0.30083	2.97E-07	6.23E-03	1.40E-03	1.60E-02	3.16E-06	2.13E-07
0.31487	2.39E-07	6.65E-03	1.27E-03	1.80E-02	3.22E-06	2.13E-07
0.3237	2.14E-07	6.91E-03	1.18E-03	1.93E-02	3.25E-06	2.13E-07
0.34	2.08E-07	7.39E-03	1.03E-03	2.16E-02	3.32E-06	2.14E-07
0.35629	2.53E-07	7.88E-03	8.79E-04	2.40E-02	3.38E-06	2.16E-07
0.36657	2.99E-07	8.19E-03	7.82E-04	0.025509387	3.43E-06	2.17E-07
0.3856	4.83E-07	8.74E-03	6.40E-04	2.84E-02	3.93E-06	2.18E-07
0.40464	9.10E-07	9.22E-03	5.85E-04	3.16E-02	5.47E-06	2.14E-07
0.41669	1.19E-06	9.53E-03	5.50E-04	3.36E-02	6.47E-06	2.13E-07
0.4391	1.72E-06	1.01E-02	4.84E-04	3.75E-02	8.38E-06	2.15E-07
0.4615	2.26E-06	1.07E-02	4.19E-04	4.16E-02	1.03E-05	2.20E-07
0.47576	2.09E-06	0.011008546	3.66E-04	4.40E-02	9.59E-06	2.08E-07
0.50237	4.28E-07	1.14E-02	2.37E-04	4.81E-02	2.60E-06	1.49E-07
0.52899	1.51E-06	1.18E-02	1.07E-04	5.25E-02	5.46E-06	1.15E-07
0.54603	2.65E-06	1.21E-02	2.31E-05	5.55E-02	1.04E-05	1.17E-07
0.57798	3.08E-06	1.23E-02	3.18E-05	5.97E-02	1.27E-05	1.15E-07
0.60993	2.17E-06	1.22E-02	7.10E-06	6.28E-02	9.19E-06	8.14E-08
0.63053	1.58E-06	1.22E-02	9.50E-06	0.065065473	6.87E-06	6.11E-08
0.66936	9.20E-07	1.18E-02	2.32E-05	6.78E-02	4.12E-06	3.85E-08
0.70819	7.36E-07	1.12E-02	2.02E-05	6.88E-02	3.10E-06	2.63E-08
0.73344	6.39E-07	1.09E-02	1.83E-05	6.97E-02	2.42E-06	1.87E-08
0.78137	5.00E-07	9.65E-03	1.75E-05	6.78E-02	2.81E-06	1.01E-08
0.82929	3.63E-07	8.35E-03	1.73E-05	6.52E-02	3.86E-06	6.04E-09
0.86076	4.23E-07	7.61E-03	1.45E-05	6.34E-02	3.03E-06	5.67E-09
0.92098	6.62E-07	6.22E-03	9.22E-06	6.00E-02	1.98E-06	1.00E-08
0.98119	5.68E-07	5.12E-03	4.70E-06	5.76E-02	9.61E-07	2.06E-08
1.02107	5.42E-07	4.45E-03	2.22E-06	5.66E-02	1.81E-06	2.77E-08
1.09789	6.87E-07	3.43E-03	2.03E-07	5.75E-02	7.37E-06	4.15E-08
1.17471	8.65E-07	2.57E-03	9.41E-07	6.36E-02	1.28E-05	4.44E-08
1.2116	8.93E-07	2.17E-03	1.04E-06	7.05E-02	1.56E-05	5.32E-08
1.26156	1.04E-06	1.59E-03	8.56E-07	0.090825729	3.72E-05	8.07E-08
1.31151	3.75E-06	8.47E-04	1.01E-06	0.254679769	4.95E-04	2.81E-07
1.32918	9.21E-06	8.60E-04	4.42E-06	0.438816547	1.44E-03	5.33E-07
1.33993	3.75E-06	1.22E-03	3.20E-06	0.234271497	3.55E-04	3.03E-07
1.35069	2.47E-06	1.20E-03	2.39E-06	0.14078176	9.40E-05	1.94E-07
1.35918	2.16E-06	1.16E-03	2.03E-06	0.104343459	3.76E-05	1.51E-07
1.3776	2.03E-06	1.41E-03	1.75E-06	8.52E-02	2.45E-05	1.31E-07
1.39603	1.66E-06	2.46E-03	1.94E-06	0.113623291	4.94E-05	1.73E-07
1.40822	6.69E-07	3.67E-03	2.24E-06	0.1461339	1.09E-04	2.21E-07
1.43169	1.44E-05	9.85E-03	4.09E-06	0.307893425	6.10E-04	4.59E-07
1.45515	4.23E-05	1.60E-02	5.14E-06	0.410085082	9.18E-04	6.06E-07
1.46486	4.27E-05	1.74E-02	5.34E-06	0.410817862	8.61E-04	6.18E-07
1.47473	6.31E-05	0.023316752	7.04E-06	0.510742366	1.40E-03	7.98E-07
1.48461	2.66E-05	1.67E-02	4.84E-06	0.34013325	6.59E-04	5.52E-07
1.49262	1.18E-05	1.20E-02	3.31E-06	0.232029885	3.20E-04	3.89E-07
1.51027	3.31E-06	7.30E-03	1.71E-06	0.125494376	1.05E-04	2.25E-07
1.52792	1.66E-06	5.35E-03	9.74E-07	8.27E-02	5.42E-05	1.58E-07



1.54203	1.33E-06	4.48E-03	6.17E-07	6.41E-02	3.89E-05	1.29E-07
1.57287	1.13E-06	3.55E-03	1.12E-07	4.34E-02	2.43E-05	9.68E-08
1.60371	1.11E-06	3.03E-03	8.36E-07	3.23E-02	1.74E-05	7.89E-08
1.62839	1.16E-06	2.78E-03	1.39E-06	2.67E-02	1.44E-05	6.94E-08
1.68236	1.41E-06	2.33E-03	2.94E-06	1.83E-02	1.05E-05	5.38E-08
1.73632	1.75E-06	2.09E-03	4.76E-06	0.013692862	8.67E-06	4.46E-08
1.7795	1.71E-06	1.87E-03	6.06E-06	1.07E-02	6.88E-06	3.92E-08
1.87394	1.30E-06	1.54E-03	9.51E-06	6.93E-03	4.22E-06	3.61E-08
1.96838	4.49E-07	1.24E-03	9.09E-06	4.59E-03	2.84E-06	2.32E-08
2.00191	7.19E-07	1.18E-03	1.08E-05	4.11E-03	3.11E-06	1.76E-08
2.02268	7.26E-07	1.19E-03	1.09E-05	3.95E-03	2.98E-06	1.78E-08
2.04345	7.33E-07	1.20E-03	1.11E-05	3.81E-03	2.86E-06	1.79E-08
2.04345	0.000063058	0.023317	0.00561	0.5107424	0.0014439	7.984E-07





# JONSWAP

SPAR	roll									
Hs =	0.15	m								
w (rad/s)	S(w)	SM	RAO	RAO <sup>2</sup>	Sr(w)	Sr(w)*SM	w*Sr(w)*SM	w <sup>2</sup> *Sr(w)*SM	w <sup>4</sup> *Sr(w)*SM	
(rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad/s)									
0.00113	0.00000	1	0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.00501	0.00000	4	0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.00888	0.00000	2	0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.01115	0.00000	4	1.82E-04	3E-08	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.01506	0.00000	2	3.32E-04	1E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.01897	0.00000	4	5.26E-04	3E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.02126	0.00000	2	6.42E-04	4E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.02521	0.00000	4	8.20E-04	7E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.02916	0.00000	2	9.98E-04	1E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.03147	0.00000	4	1.10E-03	1E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.03546	0.00000	2	1.28E-03	2E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.03945	0.00000	4	1.46E-03	2E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.04179	0.00000	2	1.57E-03	2E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.04582	0.00000	4	1.75E-03	3E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.04985	0.00000	2	1.94E-03	4E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.0522	0.00000	4	2.04E-03	4E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.05628	0.00000	2	2.23E-03	5E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.06035	0.00000	4	2.42E-03	6E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.06273	0.00000	2	2.53E-03	6E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.06684	0.00000	4	2.72E-03	7E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.07095	0.00000	2	2.90E-03	8E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
0.07335	0.00000	4	3.02E-03	9E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	



0.07751	0.00000	2	3.21E-03	1E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.08166	0.00000	4	3.40E-03	1E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.08409	0.00000	2	3.52E-03	1E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.08828	0.00000	4	3.71E-03	1E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.09248	0.00000	2	3.91E-03	2E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.09493	0.00000	4	4.02E-03	2E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.09917	0.00000	2	4.22E-03	2E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.10341	0.00000	4	4.43E-03	2E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.10594	0.00000	2	4.55E-03	2E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.11042	0.00000	4	4.80E-03	2E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.1149	0.00000	2	5.43E-03	3E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.11767	0.00000	4	5.83E-03	3E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.12269	0.00000	2	6.54E-03	4E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.12772	0.00000	4	7.26E-03	5E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.13082	0.00000	2	7.71E-03	6E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.13647	0.00000	4	8.53E-03	7E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.14212	0.00000	2	9.35E-03	9E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.14562	0.00000	4	9.86E-03	1E-04	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.15199	0.00000	2	1.08E-02	0.0001	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.15836	0.00000	4	1.17E-02	0.0001	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.1623	0.00000	2	1.23E-02	0.0002	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.1695	0.00000	4	1.34E-02	0.0002	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.1767	0.00000	2	0.014530674	0.0002	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.18117	0.00000	4	1.52E-02	0.0002	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.18934	0.00000	2	1.65E-02	0.0003	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.1975	0.00000	4	1.78E-02	0.0003	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.20258	0.00000	2	1.90E-02	0.0004	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.21187	0.00000	4	0.02185498	0.0005	1E-260	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.22115	0.00000	2	2.48E-02	0.0006	4E-220	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.22695	0.00000	4	2.66E-02	0.0007	1E-198	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000



0.23756	0.00000	2	3.01E-02	0.0009	5E-166	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.24817	0.00000	4	3.36E-02	0.0011	7E-140	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.2548	0.00000	2	3.59E-02	0.0013	4E-126	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.26698	0.00000	4	4.01E-02	0.0016	4E-105	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.27915	0.00000	2	4.45E-02	0.002	2E-88	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.28678	0.00000	4	4.73E-02	0.0022	1E-79	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.30083	0.00000	2	5.40E-02	0.0029	2E-66	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.31487	0.00000	4	6.14E-02	0.0038	9E-56	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.3237	0.00000	2	6.63E-02	0.0044	3E-50	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.34	0.00000	4	7.56E-02	0.0057	9E-42	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.35629	0.00000	2	8.55E-02	0.0073	4E-35	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.36657	0.00000	4	9.20E-02	0.0085	1E-31	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.3856	0.00000	2	0.105141625	0.0111	2E-26	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.40464	0.00000	4	0.119940057	0.0144	3E-22	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.41669	0.00000	2	0.130044207	0.0169	4E-20	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.4391	0.00000	4	0.150586098	0.0227	7E-17	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.4615	0.00000	2	0.173894748	0.0302	3E-14	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.47576	0.00000	4	0.189496398	0.0359	5E-13	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.50237	0.00000	2	0.219926775	0.0484	5E-11	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.52899	0.00000	4	0.256931901	0.066	2E-09	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.54603	0.00000	2	0.285152286	0.0813	1E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.57798	0.00000	4	0.339856863	0.1155	2E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.60993	0.00001	2	0.403807521	0.1631	2E-06	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.63051	0.00003	4	0.458047658	0.2098	5E-06	0.00002	0.00001	0.00001	0.00000
0.66929	0.00010	2	0.5862602	0.3437	3E-05	0.00007	0.00004	0.00003	0.00001
0.70806	0.00024	4	0.775170028	0.6009	0.0001	0.00058	0.00041	0.00029	0.00014
0.72724	0.00034	2	0.912409663	0.8325	0.0003	0.00056	0.00041	0.00030	0.00016
0.75434	0.00051	4	1.164225221	1.3554	0.0007	0.00275	0.00207	0.00156	0.00089
0.78145	0.00070	2	1.408206105	1.983	0.0014	0.00276	0.00216	0.00169	0.00103
0.79595	0.00080	4	1.403998733	1.9712	0.0016	0.00634	0.00504	0.00401	0.00254



0.81864	0.00098	2	1.155017614	1.3341	0.0013	0.00262	0.00215	0.00176	0.00118
0.84133	0.00119	4	0.848965406	0.7207	0.0009	0.00343	0.00288	0.00242	0.00172
0.86074	0.00140	2	0.647411048	0.4191	0.0006	0.00117	0.00101	0.00087	0.00064
0.90473	0.00212	4	0.380111992	0.1445	0.0003	0.00123	0.00111	0.00101	0.00082
0.94873	0.00320	2	0.244640887	0.0598	0.0002	0.00038	0.00036	0.00034	0.00031
0.98273	0.00374	4	0.181907654	0.0331	0.0001	0.00049	0.00049	0.00048	0.00046
1.0556	0.00257	2	0.105131403	0.0111	3E-05	0.00006	0.00006	0.00006	0.00007
1.12846	0.00146	4	6.58E-02	0.0043	6E-06	0.00003	0.00003	0.00003	0.00004
1.17752	0.00120	2	4.97E-02	0.0025	3E-06	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
1.27326	0.00094	4	3.01E-02	0.0009	9E-07	0.00000	0.00000	0.00001	0.00001
1.369	0.00073	2	1.75E-02	0.0003	2E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.43403	0.00062	4	1.73E-02	0.0003	2E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.56175	0.00044	2	1.10E-02	0.0001	5E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.68947	0.00031	4	7.46E-03	6E-05	2E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.73722	0.00027	2	6.90E-03	5E-05	1E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.77357	0.00025	4	6.40E-03	4E-05	1E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.80993	0.00023	2	6.51E-03	4E-05	1E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.8234	0.00022	4	6.73E-03	5E-05	1E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.83333	0.00022	2	6.87E-03	5E-05	1E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.84326	0.00021	4	7.16E-03	5E-05	1E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.84903	0.00021	2	7.43E-03	6E-05	1E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.85892	0.00020	4	8.21E-03	7E-05	1E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.8688	0.00020	2	9.74E-03	9E-05	2E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.87335	0.00019	4	1.09E-02	0.0001	2E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.87908	0.00019	2	1.33E-02	0.0002	3E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.8848	0.00019	4	1.69E-02	0.0003	5E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.88829	0.00019	2	0.018295256	0.0003	6E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.89456	0.00019	4	1.35E-02	0.0002	3E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.90084	0.00018	2	7.40E-03	5E-05	1E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.90605	0.00018	4	4.54E-03	2E-05	4E-09	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000



1.91767	0.00017	2	1.47E-03	2E-06	4E-10	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.9293	0.00017	4	1.56E-04	2E-08	4E-12	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.93827	0.00017	2	3.93E-04	2E-07	3E-11	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.95744	0.00016	4	1.00E-03	1E-06	2E-10	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.97661	0.00015	2	1.28E-03	2E-06	2E-10	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.98978	0.00015	4	1.39E-03	2E-06	3E-10	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2.04191	0.00013	1	1.61E-03	3E-06	3E-10	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
		$\Sigma =$				0.02250	0.01826	0.01489	0.01007
						$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$

$$m_0 = 0.00003$$

$$m_1 = 0.00002$$

$$m_2 = 0.00002$$

$$m_4 = 0.00001$$

$$\zeta_s = 0.01 \text{ deg (Significant roll amplitude)}$$

$$T_0 = 9.68 \text{ secs (Modal period)}$$

$$T_P = 9.55 \text{ secs (Peak period)}$$

$$T_Z = 9.66 \text{ secs (Zero up-crossing period)}$$

$$\omega_0 = 0.65 \text{ rad/s (Modal frequency)}$$

$$\omega_P = 0.66 \text{ rad/s (Peak frequency)}$$

$$\omega_Z = 0.65 \text{ rad/s (Zero up-crossing frequency)}$$

$$\zeta_{av} = 0.01 \text{ deg (Average roll amplitude)}$$

$$\zeta_{1/10} = 0.01 \text{ deg (One-tenth highest roll amplitude)}$$

$$\zeta_{ext} = 0.02 \text{ deg (Most probable extreme roll amplitude)}$$

$$\zeta(\alpha=0.01) = 0.03 \text{ deg (Extreme roll amplitude w/ prob. of occ. 1% -> 99% level of confidence)}$$



# JONSWAP

Hs =	0.15	m							
$\omega$ (rad/s) (rad/s)	$S(\omega)$ (m <sup>2</sup> /rad/s)	SM	RAO	RAO <sup>2</sup>	Sr(w)	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr(w)*SM	$\omega^2$ *Sr(w)*SM	$\omega^4$ *Sr(w)*SM
0.00113	0.00000	1	0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00501	0.00000	4	0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00888	0.00000	2	0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.01115	0.00000	4	8.59E-05	7.387E-09	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.01506	0.00000	2	1.57E-04	2.461E-08	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.01897	0.00000	4	2.49E-04	6.198E-08	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.02126	0.00000	2	3.04E-04	9.215E-08	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.02521	0.00000	4	3.88E-04	1.504E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.02916	0.00000	2	4.72E-04	2.23E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.03147	0.00000	4	5.22E-04	2.721E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.03546	0.00000	2	6.07E-04	3.683E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.03945	0.00000	4	6.92E-04	4.792E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.04179	0.00000	2	7.42E-04	5.509E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.04582	0.00000	4	8.29E-04	6.865E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.04985	0.00000	2	9.15E-04	8.372E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.0522	0.00000	4	9.66E-04	9.323E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.05628	0.00000	2	1.05E-03	1.109E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.06035	0.00000	4	1.14E-03	1.301E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.06273	0.00000	2	1.19E-03	1.42E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.06684	0.00000	4	1.28E-03	1.639E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.07095	0.00000	2	1.37E-03	1.874E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.07335	0.00000	4	1.42E-03	2.019E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000



0.07751	0.00000	2	1.51E-03	2.283E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.08166	0.00000	4	1.60E-03	2.562E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.08409	0.00000	2	1.65E-03	2.734E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.08828	0.00000	4	1.74E-03	3.044E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.09248	0.00000	2	1.84E-03	3.37E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.09493	0.00000	4	1.89E-03	3.57E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.09917	0.00000	2	1.98E-03	3.928E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.10341	0.00000	4	2.07E-03	4.305E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.10594	0.00000	2	2.13E-03	4.538E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.11042	0.00000	4	2.25E-03	5.05E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.1149	0.00000	2	2.54E-03	6.46E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.11767	0.00000	4	2.72E-03	7.419E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.12269	0.00000	2	3.06E-03	9.334E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.12772	0.00000	4	3.39E-03	1.147E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.13082	0.00000	2	3.59E-03	1.291E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.13647	0.00000	4	3.97E-03	1.575E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.14212	0.00000	2	4.35E-03	1.888E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.14562	0.00000	4	4.58E-03	2.097E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.15199	0.00000	2	5.01E-03	2.506E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.15836	0.00000	4	5.43E-03	2.954E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.1623	0.00000	2	5.70E-03	3.251E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.1695	0.00000	4	6.19E-03	3.832E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.1767	0.00000	2	6.68E-03	4.464E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.18117	0.00000	4	6.99E-03	4.882E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.18934	0.00000	2	7.55E-03	5.7E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.1975	0.00000	4	8.12E-03	6.587E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.20258	0.00000	2	8.64E-03	7.467E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.21187	0.00000	4	9.91E-03	9.826E-05	2.1E-261	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.22115	0.00000	2	1.12E-02	0.0001253	9E-221	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.22695	0.00000	4	1.20E-02	0.000144	2.1E-199	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000



0.23756	0.00000	2	1.35E-02	0.0001818	1E-166	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.24817	0.00000	4	1.50E-02	0.0002246	1.4E-140	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.2548	0.00000	2	1.59E-02	0.0002539	7.3E-127	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.26698	0.00000	4	1.77E-02	0.000313	6.9E-106	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.27915	0.00000	2	1.95E-02	0.0003793	3.32E-89	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.28678	0.00000	4	2.06E-02	0.0004247	1.81E-80	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.30083	0.00000	2	2.33E-02	0.0005435	4.26E-67	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.31487	0.00000	4	2.62E-02	0.0006889	1.62E-56	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.3237	0.00000	2	2.81E-02	0.0007908	5.52E-51	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.34	0.00000	4	3.16E-02	0.0010014	1.5E-42	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.35629	0.00000	2	3.53E-02	0.0012434	6.36E-36	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.36657	0.00000	4	3.76E-02	0.0014134	1.83E-32	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.3856	0.00000	2	4.21E-02	0.0017734	3.33E-27	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.40464	0.00000	4	4.70E-02	0.0022092	4.29E-23	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.41669	0.00000	2	5.02E-02	0.0025202	5.91E-21	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.4391	0.00000	4	5.64E-02	0.0031781	1.04E-17	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.4615	0.00000	2	6.29E-02	0.0039532	3.33E-15	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.47576	0.00000	4	6.69E-02	0.0044725	6.64E-14	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.50237	0.00000	2	7.39E-02	0.0054545	5.93E-12	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.52899	0.00000	4	8.14E-02	0.0066281	1.85E-10	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.54603	0.00000	2	8.66E-02	0.0074979	1.1E-09	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.57798	0.00000	4	9.44E-02	0.0089083	1.52E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.60993	0.00001	2	0.100903	0.0101814	1.06E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.63053	0.00003	4	0.105553	0.0111414	2.87E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.66936	0.00010	2	0.112229	0.0125953	1.2E-06	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.70819	0.00024	4	0.116657	0.0136089	3.26E-06	0.00001	0.00001	0.00001	0.00000
0.73344	0.00038	2	0.120005	0.0144011	5.4E-06	0.00001	0.00001	0.00001	0.00000
0.78137	0.00070	4	0.120986	0.0146376	1.02E-05	0.00004	0.00003	0.00002	0.00002
0.82929	0.00108	2	0.121402	0.0147385	1.58E-05	0.00003	0.00003	0.00002	0.00001
0.86072	0.00140	4	0.122378	0.0149764	2.1E-05	0.00008	0.00007	0.00006	0.00005



0.9208	0.00249	2	0.125877	0.0158451	3.95E-05	0.00008	0.00007	0.00007	0.00006
0.98088	0.00373	4	0.137427	0.0188862	7.04E-05	0.00028	0.00028	0.00027	0.00026
1.01737	0.00346	2	0.150568	0.0226707	7.84E-05	0.00016	0.00016	0.00016	0.00017
1.08267	0.00201	4	0.211145	0.0445822	8.98E-05	0.00036	0.00039	0.00042	0.00049
1.14797	0.00133	2	0.499501	0.2495017	0.000333	0.00067	0.00076	0.00088	0.00116
1.17117	0.00123	4	0.661579	0.4376865	0.000537	0.00215	0.00251	0.00294	0.00404
1.18557	0.00117	2	0.524225	0.2748113	0.000323	0.00065	0.00077	0.00091	0.00128
1.19998	0.00113	4	0.358411	0.1284581	0.000145	0.00058	0.00070	0.00084	0.00120
1.21205	0.00109	2	0.266455	0.0709983	7.77E-05	0.00016	0.00019	0.00023	0.00034
1.2391	0.00102	4	0.158126	0.0250038	2.56E-05	0.00010	0.00013	0.00016	0.00024
1.26616	0.00096	2	0.10729	0.0115111	1.1E-05	0.00002	0.00003	0.00004	0.00006
1.28781	0.00091	4	7.83E-02	0.006125	5.55E-06	0.00002	0.00003	0.00004	0.00006
1.33516	0.00080	2	0.038386	0.0014735	1.18E-06	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001
1.3825	0.00071	4	2.80E-02	0.0007819	5.53E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001
1.42039	0.00064	2	3.36E-02	0.0011322	7.24E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001
1.50324	0.00051	4	2.87E-02	0.0008264	4.22E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001
1.58609	0.00041	2	1.68E-02	0.000283	1.16E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.65228	0.00034	4	1.24E-02	0.000153	5.25E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.79688	0.00024	2	6.85E-03	4.687E-05	1.11E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.94147	0.00017	4	4.01E-03	1.607E-05	2.65E-09	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.99098	0.00015	2	3.37E-03	1.136E-05	1.67E-09	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2.01652	0.00014	4	3.23E-03	1.041E-05	1.44E-09	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2.04206	0.00013	1	3.12E-03	9.714E-06	1.27E-09	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
		$\Sigma =$	0.66158			0.00541	0.00617	0.00708	0.00946
						$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$



$m_0 =$	0.00001		
$m_1 =$	0.00001		
$m_2 =$	0.00001		
$m_4 =$	0.00001		
$\zeta_s =$	0.01	deg	(Significant Roll amplitude)
$T_0 =$	6.88	secs	(Modal period)
$T_P =$	6.79	secs	(Peak period)
$T_Z =$	6.86	secs	(Zero up-crossing period)
$\omega_0 =$	0.91	rad/s	(Modal frequency)
$\omega_P =$	0.92	rad/s	(Peak frequency)
$\omega_Z =$	0.92	rad/s	(Zero up-crossing frequency)
$\zeta_{av} =$	0.00	deg	(Average Roll amplitude)
$\zeta_{1/10} =$	0.01	deg	(One-tenth highest Roll amplitude)
$\zeta_{ext} =$	0.01	deg	(Most probable extreme Roll amplitude)
$\zeta(\alpha=0.01) =$	0.01	deg	(Extreme Roll amplitude w/ prob. of occ. 1% -> 99% level of confidence)



# JONSWAP

Hs =	0.15	m							
$\omega$ (rad/s) (rad/s)	$S(\omega)$ (m <sup>2</sup> /rad/s)	SM	RAO	RAO <sup>2</sup>	Sr(w)	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr(w)*SM	$\omega^2$ *Sr(w)*SM	$\omega^4$ *Sr(w)*SM
0.00113	0.00000	1	0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00501	0.00000	4	0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00888	0.00000	2	0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.01115	0.00000	4	6.05E-05	3.66E-09	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.01506	0.00000	2	1.10E-04	1.22E-08	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.01897	0.00000	4	1.75E-04	3.07E-08	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.02126	0.00000	2	2.14E-04	4.57E-08	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.02521	0.00000	4	2.73E-04	7.46E-08	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.02916	0.00000	2	3.33E-04	1.11E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.03147	0.00000	4	3.67E-04	1.35E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.03546	0.00000	2	4.27E-04	1.83E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.03945	0.00000	4	4.87E-04	2.38E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.04179	0.00000	2	5.23E-04	2.73E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.04582	0.00000	4	5.83E-04	3.4E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.04985	0.00000	2	6.44E-04	4.15E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.0522	0.00000	4	6.80E-04	4.62E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.05628	0.00000	2	7.41E-04	5.49E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.06035	0.00000	4	8.03E-04	6.44E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.06273	0.00000	2	8.39E-04	7.03E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.06684	0.00000	4	9.01E-04	8.11E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.07095	0.00000	2	9.63E-04	9.27E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.07335	0.00000	4	9.99E-04	9.99E-07	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000



0.07751	0.00000	2	1.06E-03	1.13E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.08166	0.00000	4	1.13E-03	1.27E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.08409	0.00000	2	1.16E-03	1.35E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.08828	0.00000	4	1.23E-03	1.5E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.09248	0.00000	2	1.29E-03	1.66E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.09493	0.00000	4	1.33E-03	1.76E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.09917	0.00000	2	1.39E-03	1.94E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.10341	0.00000	4	1.46E-03	2.12E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.10594	0.00000	2	1.50E-03	2.24E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.11042	0.00000	4	1.58E-03	2.49E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.1149	0.00000	2	1.78E-03	3.18E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.11767	0.00000	4	1.91E-03	3.65E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.12269	0.00000	2	2.14E-03	4.59E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.12772	0.00000	4	2.38E-03	5.64E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.13082	0.00000	2	2.52E-03	6.35E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.13647	0.00000	4	2.78E-03	7.74E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.14212	0.00000	2	3.04E-03	9.27E-06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.14562	0.00000	4	3.21E-03	1.03E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.15199	0.00000	2	3.50E-03	1.23E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.15836	0.00000	4	3.80E-03	1.45E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.1623	0.00000	2	3.99E-03	1.59E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.1695	0.00000	4	4.33E-03	1.87E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.1767	0.00000	2	4.67E-03	2.18E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.18117	0.00000	4	4.88E-03	2.38E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.18934	0.00000	2	5.27E-03	2.77E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.1975	0.00000	4	5.66E-03	3.2E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.20258	0.00000	2	6.02E-03	3.63E-05	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.21187	0.00000	4	6.90E-03	4.76E-05	1E-261	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.22115	0.00000	2	7.78E-03	6.06E-05	4.4E-221	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.22695	0.00000	4	8.34E-03	6.95E-05	1E-199	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000



0.23756	0.00000	2	9.36E-03	8.76E-05	5E-167	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.24817	0.00000	4	1.04E-02	0.000108	7E-141	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.2548	0.00000	2	1.10E-02	0.000122	3.5E-127	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.26698	0.00000	4	1.22E-02	0.00015	3.3E-106	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.27915	0.00000	2	0.013436072	0.000181	1.58E-89	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.28678	0.00000	4	1.42E-02	0.000202	8.57E-81	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.30083	0.00000	2	1.60E-02	0.000257	2.01E-67	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.31487	0.00000	4	1.80E-02	0.000324	7.61E-57	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.3237	0.00000	2	1.93E-02	0.000371	2.59E-51	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.34	0.00000	4	2.16E-02	0.000466	7E-43	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.35629	0.00000	2	2.40E-02	0.000575	2.94E-36	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.36657	0.00000	4	0.025509387	0.000651	8.44E-33	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.3856	0.00000	2	2.84E-02	0.000809	1.52E-27	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.40464	0.00000	4	3.16E-02	0.000998	1.94E-23	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.41669	0.00000	2	3.36E-02	0.001132	2.65E-21	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.4391	0.00000	4	3.75E-02	0.001409	4.59E-18	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.4615	0.00000	2	4.16E-02	0.001728	1.46E-15	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.47576	0.00000	4	4.40E-02	0.001936	2.88E-14	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.50237	0.00000	2	4.81E-02	0.002318	2.52E-12	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.52899	0.00000	4	5.25E-02	0.00276	7.71E-11	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.54603	0.00000	2	5.55E-02	0.003079	4.52E-10	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.57798	0.00000	4	5.97E-02	0.003558	6.07E-09	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.60993	0.00001	2	6.28E-02	0.003949	4.1E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.63053	0.00003	4	0.065065473	0.004234	1.09E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.66936	0.00010	2	6.78E-02	0.004591	4.38E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.70819	0.00024	4	6.88E-02	0.004738	1.14E-06	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.73344	0.00038	2	6.97E-02	0.004853	1.82E-06	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.78137	0.00070	4	6.78E-02	0.004592	3.19E-06	0.00001	0.00001	0.00001	0.00000
0.82929	0.00108	2	6.52E-02	0.004246	4.57E-06	0.00001	0.00001	0.00001	0.00000
0.86076	0.00140	4	6.34E-02	0.00402	5.63E-06	0.00002	0.00002	0.00002	0.00001



0.92098	0.00250	2	6.00E-02	0.003594	8.98E-06	0.00002	0.00002	0.00002	0.00001
0.98119	0.00373	4	5.76E-02	0.003323	1.24E-05	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005
1.02107	0.00339	2	5.66E-02	0.003207	1.09E-05	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002
1.09789	0.00178	4	5.75E-02	0.003312	5.9E-06	0.00002	0.00003	0.00003	0.00003
1.17471	0.00121	2	6.36E-02	0.004039	4.9E-06	0.00001	0.00001	0.00001	0.00002
1.2116	0.00110	4	7.05E-02	0.004967	5.44E-06	0.00002	0.00003	0.00003	0.00005
1.26156	0.00097	2	0.090825729	0.008249	7.99E-06	0.00002	0.00002	0.00003	0.00004
1.31151	0.00085	4	0.254679769	0.064862	5.53E-05	0.00022	0.00029	0.00038	0.00065
1.32918	0.00081	2	0.438816547	0.19256	0.000157	0.00031	0.00042	0.00055	0.00098
1.33993	0.00079	4	0.234271497	0.054883	4.35E-05	0.00017	0.00023	0.00031	0.00056
1.35069	0.00077	2	0.14078176	0.01982	1.53E-05	0.00003	0.00004	0.00006	0.00010
1.35918	0.00075	4	0.104343459	0.010888	8.2E-06	0.00003	0.00004	0.00006	0.00011
1.3776	0.00072	2	8.52E-02	0.007252	5.2E-06	0.00001	0.00001	0.00002	0.00004
1.39603	0.00068	4	0.113623291	0.01291	8.81E-06	0.00004	0.00005	0.00007	0.00013
1.40822	0.00066	2	0.1461339	0.021355	1.41E-05	0.00003	0.00004	0.00006	0.00011
1.43169	0.00062	4	0.307893425	0.094798	5.88E-05	0.00024	0.00034	0.00048	0.00099
1.45515	0.00058	2	0.410085082	0.16817	9.79E-05	0.00020	0.00028	0.00041	0.00088
1.46486	0.00057	4	0.410817862	0.168771	9.57E-05	0.00038	0.00056	0.00082	0.00176
1.47473	0.00055	2	0.510742366	0.260858	0.000144	0.00029	0.00042	0.00063	0.00136
1.48461	0.00054	4	0.34013325	0.115691	6.22E-05	0.00025	0.00037	0.00055	0.00121
1.49262	0.00053	2	0.232029885	0.053838	2.83E-05	0.00006	0.00008	0.00013	0.00028
1.51027	0.00050	4	0.125494376	0.015749	7.9E-06	0.00003	0.00005	0.00007	0.00016
1.52792	0.00048	2	8.27E-02	0.006836	3.27E-06	0.00001	0.00001	0.00002	0.00004
1.54203	0.00046	4	6.41E-02	0.004107	1.89E-06	0.00001	0.00001	0.00002	0.00004
1.57287	0.00042	2	4.34E-02	0.001884	7.98E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001
1.60371	0.00039	4	3.23E-02	0.001043	4.07E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001
1.62839	0.00037	2	2.67E-02	0.000712	2.6E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.68236	0.00032	4	1.83E-02	0.000334	1.06E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.73632	0.00028	2	0.013692862	0.000187	5.16E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.7795	0.00025	4	1.07E-02	0.000115	2.85E-08	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000



1.87394	0.00019	2	6.93E-03	4.81E-05	9.36E-09	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.96838	0.00015	4	4.59E-03	2.11E-05	3.27E-09	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2.00191	0.00014	2	4.11E-03	1.69E-05	2.42E-09	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2.02268	0.00014	4	3.95E-03	1.56E-05	2.13E-09	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2.04345	0.00013	1	3.81E-03	1.45E-05	1.88E-09	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
$\Sigma =$			0.5107424			0.00252	0.00348	0.00486	0.00969
						$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$

$m_0 = 0.00000$

$m_1 = 0.00000$

$m_2 = 0.00001$

$m_4 = 0.00001$

$\zeta_s = 0.00$  deg (Significant roll amplitude)

$T_0 = 5.68$  secs (Modal period)

$T_P = 5.56$  secs (Peak period)

$T_Z = 5.65$  secs (Zero up-crossing period)

$\omega_0 = 1.11$  rad/s (Modal frequency)

$\omega_P = 1.13$  rad/s (Peak frequency)

$\omega_Z = 1.11$  rad/s (Zero up-crossing frequency)

$\zeta_{av} = 0.00$  deg (Average roll amplitude)

$\zeta_{1/10} = 0.00$  deg (One-tenth highest roll amplitude)

$\zeta_{ext} = 0.01$  deg (Most probable extreme roll amplitude)

$\zeta(\alpha=0.01) = 0.01$  deg (Extreme roll amplitude w/ prob. of occ. 1% -> 99% level of confidence)



4 mooring Line						
Hs	$\zeta_s$	$\zeta_{av}$	$2 \times \zeta_s$	Heave Acc	Significant Vertical Velocity $\xi_z$	Double Significant Vertical Displacement Amplitude $2 \times z_{zs}$
0.15	0.01077	0.00673	0.02154	6.14E-06	0.00002	<b>0.006719068</b>
0.3	0.02154	0.01346	0.04307	1.23E-05	0.00003	<b>0.013438136</b>
0.45	0.03231	0.02019	0.06461	1.84E-05	0.00005	<b>0.020157204</b>
0.6	0.04307	0.02692	0.08615	2.46E-05	0.00007	<b>0.026877512</b>
0.75	0.05384	0.03365	0.10769	3.07E-05	0.00008	<b>0.03359534</b>
0.9	0.06461	0.04038	0.12922	3.69E-05	0.00010	<b>0.040314408</b>
1.05	0.07538	0.04711	0.15076	4.30E-05	0.00011	<b>0.047035646</b>
1.2	0.08615	0.05384	0.17230	4.91E-05	0.00013	<b>0.053755024</b>
1.35	0.09692	0.06057	0.19384	5.53E-05	0.00015	<b>0.060471612</b>
1.5	0.10769	0.06730	0.21537	6.14E-05	0.00016	<b>0.06719378</b>
1.65	0.11846	0.07404	0.23691	6.76E-05	0.00018	<b>0.073909748</b>
1.8	0.12922	0.08077	0.25845	7.37E-05	0.00020	<b>0.080628816</b>

8 mooring Line						
Hs	$\zeta_s$	$\zeta_{av}$	$2 \times \zeta_s$	Heave Acc	Significant Vertical Velocity $\xi_z$	Double Significant Vertical Displacement Amplitude $2 \times z_{zs}$
0.15	0.0053	0.0033	0.01058	1.25E-07	0.00000	0.014017183
0.3	0.0106	0.0066	0.02116	2.51E-07	0.00000	0.028034365
0.45	0.0159	0.0099	0.03174	3.76E-07	0.00000	0.042051548
0.6	0.0212	0.0132	0.04232	5.02E-07	0.00000	0.056068731
0.75	0.0264	0.0165	0.05290	6.27E-07	0.00000	0.070106918
0.9	0.0317	0.0198	0.06348	7.53E-07	0.00000	0.084103096
1.05	0.0370	0.0231	0.07406	8.78E-07	0.00000	0.098120279
1.2	0.0423	0.0264	0.08464	1.00E-06	0.00000	0.112137462
1.35	0.0476	0.0298	0.09522	1.13E-06	0.00000	0.126154644
1.5	0.0529	0.0331	0.10580	1.25E-06	0.00000	0.140171827
1.65	0.0582	0.0364	0.11638	1.38E-06	0.00001	0.15418901
1.8	0.0635	0.0397	0.12696	1.51E-06	0.00001	0.168206193



12 mooring Line						
Hs	$\zeta_s$	$\zeta_{av}$	2 x $\zeta_s$	Heave Acc	Significant Vertical Velocity $\xi_z$	Double Significant Vertical Displacement Amplitude 2 x zzs
0.15	0.00361	0.00226	0.00722	7.67E-08	2.70E-07	0.014122132
0.3	0.00722	0.00451	0.01444	1.53E-07	5.39E-07	0.028244264
0.45	0.01083	0.00677	0.02165	2.30E-07	8.09E-07	0.042366397
0.6	0.01444	0.00902	0.02887	3.07E-07	1.08E-06	0.056488529
0.75	0.01804	0.01128	0.03609	3.83E-07	1.35E-06	0.070610661
0.9	0.02165	0.01353	0.04331	4.60E-07	1.62E-06	0.084732793
1.05	0.02526	0.01579	0.05052	5.37E-07	1.89E-06	0.098854926
1.2	0.02887	0.01804	0.05774	6.13E-07	2.16E-06	0.112977058
1.35	0.03248	0.02030	0.06496	6.90E-07	2.43E-06	0.12709919
1.5	0.03609	0.02255	0.07218	7.67E-07	2.70E-06	0.141221322
1.65	0.03970	0.02481	0.07939	8.43E-07	2.97E-06	0.155343455
1.8	0.04331	0.02707	0.08661	9.20E-07	3.24E-06	0.169465587



## BIODATA PENULIS



**Muhamad Dinaryo.** Penulis dilahirkan pada tanggal 28 Maret 1993 di Kota Balikpapan. Merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal yaitu TK Nasional KPS Balikpapan, SD Nasional KPS Balikpapan, SMP Nasional KPS Balikpapan dan SMA Negeri 1 Balikpapan. Selama bersekolah, penulis aktif mengikuti berbagai lomba diantaranya adalah Juara2 Olimpiade Matematika tingkat Provinsi Kalimantan Timur serta Juara 2 Siswa Teladan tingkat Kota Balikpapan. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2011, penulis diterima di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknoogi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SNMPTN Undangan dan terdaftar dengan NRP. 4311 100 030. Selama perkuliahan penulis aktif di berbagai kegiatan seperti kepanitiaan kegiatan himpunan, seminar maupun pelatihan akademis dan non akademis yang diadakan di dalam dan luar jurusan untuk mengembangkan dirinya. Penulis juga terdaftar sebagai anggota Laboratorium Komputasi dan Pemodelan Numerik Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS dari tahun kepengurusan 2014/2015-2015/2016. Selain itu penulis juga pernah melaksanakan kerja praktek di Total E&P Indonesia East Kalimantan District, Balikpapan Base sebagai *structure engineer*. Pada bulan Maret 2016, penulis mengambil Tugas Akhir sebagai syarat kelulusan pendidikan strata 1 dengan judul “**Studi Operabilitas SPAR Platform Tipe Truss di Selat Makassar dengan Sistem Tambat Taut**” dan berhasil diselesaikan dalam waktu 1 semester dengan IPK 3,13 dari skala 4.